



LITHIUMIONIAKKUIJEN TES- TAUSJÄRJESTELMÄN SUUN- NITTELU JA TOTEUTUS

Proxion Solutions Oy

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Arto Ryhänen	
Työn nimi Lithiumioniakkujen testausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus	
Päiväys 29.05.2015	Sivumäärä/Liitteet 30/22
Ohjaaja(t) Olli-Pekka Kähkönen, Ari Mikkonen, Liisa Tolvanen, Olavi Salmela, Juha Kiviniemi	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Proxion Solutions Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa lithiumioniakkujen testausjärjestelmä Proxion Solutions Oy:lle. Järjestelmän tarkoituksena on pystyä testaamaan erilaisia akkuja tietyn sapluunan mukaisesti täyttäen sähköturvallisuus kriteerit. Tarkoitus oli saada rakennettua turvallinen ja käytännöllinen testiympäristö akustoille, jotta kuka tahansa voi testata akkuja kirjoitettujen ohjeiden mukaan valmiissa testiympäristössä. Työ oli pitkälti tutkimustyötä, jonka pohjalta kehiteltiin testausjärjestelmä BluES varavirtajärjestelmän osien avulla. Työhön kuului myös testausjärjestelmän rakennus ja testaus sekä dokumentointi.</p> <p>Työ pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman pitkälle jo testaustiloista valmiiksi löytyvillä laitteilla ja komponenteilla. Testijärjestelmään täytyi myös selvittää onko markkinoilta saatavilla järkevän hintaisia keinokuormia, jotka ovat tehonkestoiltaan tarpeeksi isoja.</p>	
Avainsanat akku, BluES	
opinnäytetyö	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Arto Ryhänen			
Title of Thesis Lithium-ion battery testing system design and implementation			
Date	29.05.2015	Pages/Appendices	30/22
Supervisor(s) Olli-Pekka Kähkönen, Ari Mikkonen, Liisa Tolvanen, Olavi Salmela, Juha Kiviniemi			
Client Organisation /Partners Proxion Solutions Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to design and implement a lithium-ion battery testing system for Proxion Solutions Ltd. The system is designed to be able to test a variety of batteries with a set template. Testings have to also meet the electrical safety criteria. The aim was to build a safe and practical test environment for batteries, so that anyone can test the batteries according to the instructions written for the final test environment. The work was largely based on research, what led to developing the testing system that can use BluES backup power system components. The work also included building the test system and testing, as well as documentation.</p> <p>The aim was to use those devices and components as much as possible that were already located in testing facilities. Also, it needed to be found out, if there are reasonably priced dummyloads in the market that are big enough to handle such big powers in the testing system.</p>			
Keywords battery, BluES			
thesis			

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AC	Alternating Current	Vaihtovirta
DC	Direct Current	Tasavirta
Ah	Ampere-hour	Ampeeritunti
BM	Battery Module	Akkumoduuli
BluES	Blue Energy System	Edistyksellinen tehonsyöttöjärjestelmä
SBC	Single-Board Computer	Yhden kortin tietokone
BMS	Battery Management System	Akunhallintajärjestelmä
EMU	Energy Management Unit	Energianhallintayksikkö
CAN	Controller Area Network	Automaatioväylä
USB	Universal Serial Bus	Yleinen sarjaväylä
RS232	Recommended Standard 232	Sarjaliikenneportti
SOC	State Of Charge	Akun varaustila
TFT	Thin Film Transistor	Ohutkalvotransistori
LCD	Liquid Crystal Display	Nestekidenäyttö
EMU-laattori	-	Energianhallintayksiköiden testauslaite

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	4
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tarkoitus	7
1.2 Proxion Solutions Oy	7
2 TESTAUKSEN PERUSTEET	8
2.1 Testien tarpeellisuus.....	8
2.2 Testauskohteet	8
3 TESTAUSJÄRJESTELMÄ.....	9
3.1 Testilaite	9
3.1.1 Kytkenä	10
3.2 Tasasuuntaajat	11
3.3 SBC	11
3.4 BMS.....	11
3.5 EMU.....	12
3.6 EMU-laattori	12
3.7 Kontaktorit	13
3.8 Näyttö.....	14
3.8.1 Näytön virtalähde	15
3.9 Keinokuorma	15
4 TESTIJÄRJESTELYT	16
4.1 Latausvaihe	16
4.1.1 Latauksen balansointivaihe.....	16
4.2 Purkuvaihe	17
4.3 Lokitiedostot.....	17
4.4 Testausohjeet.....	18
5 TESTIEN TULOKSIA	19
5.1 Latausaika ja balansoinnin kesto	19
5.2 Akkujen lämpötilat	19
5.2.1 Latausvaihe	20
5.2.2 Purkuvaihe.....	21
5.3 Kennojännitteet	22

5.3.1	Latausvaihe	22
5.3.2	Purkuvaihe.....	24
5.4	Kapasiteetin paikkaansa pitävyys.....	26
5.5	Todellisen SOC %:n laskenta	26
6	RISKIT JA NIIHIN VARAUTUMINEN	28
6.1	Vikatilanteet	28
7	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
	LIITE 1: Akkujen testauspöytäkirja	31
	LIITE 2: Akkujen lokitiedostojen käsittelypöytäkirja	38

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Proxion Solutions Oy:llä oli tarve lithiumioniakkujen testausjärjestelmälle. Firmalla oli toive pystyä kartoittamaan sen kehittämäänsä BluES-varavirtajärjestelmään lisää sopivia akkuja. Akkujen testausjärjestelmän tarkoituksena olisi pystyä testaamaan erilaisia akkuja, jotta niiden yhteensopivuus BluES-järjestelmiin selviäisi. Firma on aikaisemmin testannut akkuja vain työntekijöiden tietojen perusteella jollakin väliaikaisella testikytkenällä. Tavoite oli saada nämä tiedot dokumentoitua ja rakennettua turvallinen ja käytännöllinen testiympäristö akustoille. Kirjoitettujen selkeiden ohjeiden mukaan testausjärjestelmää pystyisi käyttämään turvallisesti kuka tahansa. Näin ollen akkujen testausta voisi teettää opastetusti vaikka oppilastyönä.

Tämän opinnäytetyön myötä Proxion Solutions Oy sai toimivan testausjärjestelmän lithiumioniakustoille. Tavoitteena oli ensin suunnitella tarvittavat testit ja osa-alueet. Sen jälkeen työlle osattiin määritellä tarvittavat osat ja osakokonaisuudet. Lopulta testijärjestelmä rakennettiin ja testattiin toimivaksi. Järjestelmälle myös tuotettiin tarvittavat ohjeet tulevien testien varalle.

1.2 Proxion Solutions Oy ja BluES-tuoteperhe

Proxion Solutions Oy tarjoaa varavirtajärjestelmiä televiestinnän, infrastruktuurien ja muiden vaativien olosuhteiden tarpeisiin. He tarjoavat asiakkaille ratkaisuja, joita nykyiset markkinat eivät tällä hetkellä vielä pysty tarjoamaan. BluES-tuoteperhe varmistaa keskeytymättömän ja johdonmukaisen energialähteen vaativissa ympäristöissä, joissa sähköverkon laatu on huono tai verkkoa ei ole käytävissä. (PROXION SOLUTIONS LTD.)

BluES CP-9 -kaapissa on sisällä kaksi akkupankkia (BM1 ja BM2). Molemmille pankeille ovat omat energianhallinta yksiköt (EMU) joissa on sisällä akustonvalvontajärjestelmät (BMS). Kummastakin pankista saadaan ulos 52 - 56 VDC ja 100 Ah. Tämä takaa sen, että 1100 W kuormalla kaappi toimii akkujen varassa jopa kahdeksan tuntia. (PROXION SOLUTIONS BLUES.)

2 TESTAUKSEN PERUSTEET

2.1 Testien tarpeellisuus

Akkuvalmistajien ilmoittamat akulle luvatut suorituskyvyt ovat usein vain ihannearvoja. Akuista on hyvä selvittää käytännössä testien avulla kohtaavatko akkuvalmistajan ilmoittamat arvot saatuihin testituloksiin. Testeistä selviää myös monesti sellaisia tietoja, joita valmistaja ei ilmoita datalehdissä. Vaikka akku näyttäisi sopivan suorituskykynsä puolesta käyttötarpeisiin, ei akku ehkä todellisuudessa olekaan yhtä hyvä mitä valmistaja ilmoittaa.

Akuista on hyvä selvittää todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti. Tällöin saadaan selville, paljonko akkua on saatu hyödynnettyä, ennen kuin sitä käyttävän laitteen toimintaan tarvittava jännite tippuu alle käyttöalueen. Tärkeää on myös selvittää akun kennojen tasalaatuisuus ja paljonko akut lämpenevät, kun niitä käytetään. Monesti halvalla tuotetuissa akuissa kennot saattavat olla hyvinkin erilaatuisia, jonka vuoksi akun suorituskyky laskee huomattavasti. (SALMELA, Olavi 2015-03-18.)

2.2 Testauskohteet

Testauskohteina tälle testausjärjestelmälle ovat markkinoilta löytyvät spekseiltään BluES-järjestelmiin sopivat lithiumioniakut. Tarkoitus oli alun perin testata useamman eri valmistajan akkuja, mutta ne eivät ehtineet testeihin määräajassa pitkien toimitusaikojen vuoksi. Testejä suoritettiin lopulta jo testitiloista valmiina löytyvillä ylimääräisillä akuilla. Valmistajien nimiä ei voi julkistaa tässä opinnäytetyössä.

Testeissä käytetyistä akuista kapasiteettia luvataan yhdelle akulle 2,3 kWh. Kennoja yhdessä akussa on neljä ja yhdestä kennosta saadaan maksimissaan noin 3,5 V jännitettä. Yhdestä kokonaisesta moduulista saadaan siis jännitettä noin 14 V. Akkuja kytketään neljä kappaletta sarjaan, jolloin saadaan tuotetuksi BluES-järjestelmän vaatima 52 - 56 V:n jännite. Neljän akun kokonaisuudesta saadaan kapasiteettiä noin 180 Ah. Tällöin kuormavirran 1C arvo on 180 A. (KIVINIEMI, Juha 2015-05-08.)

3 TESTAUSJÄRJESTELMÄ

3.1 Testilaite

Akkujen testausjärjestelmä rakennettiin pyörillä rullaavan työpöydän päälle. Näin ollen testausjärjestelmää voidaan siirtää kokonaisuena pakettina lähemmäs päävirransyöttöä tai keinokuormaa. Pöydän päässä (ks. kuva 1) oikeassa reunassa on riviliitinkisko, jossa ovat akkusulakkeet ja päävirtasyötön johdonsuojakatkaisijat. Kiskossa on myös riviliittimillä toteutettu +piste ja potentiaalivapaa riviliitin-nippu, jossa voidaan suorittaa erilaisia kytkentöjä, esimerkiksi kontaktorien kelojen johdotukset. Seuraavana pöydällä on tasasuuntaajarakki, jonka takana on BluES-etulevyssä kosketusnäyttö. Tasasuuntaajarakin vieressä on EMU, jonka päällä on EMU-laattori, josta EMU saa tehonsyöttönsä. Työpöydän alle laitetaan testattavat akut runkopalkkien päällä lepäävälle puulavalle (ks. kuva 2).



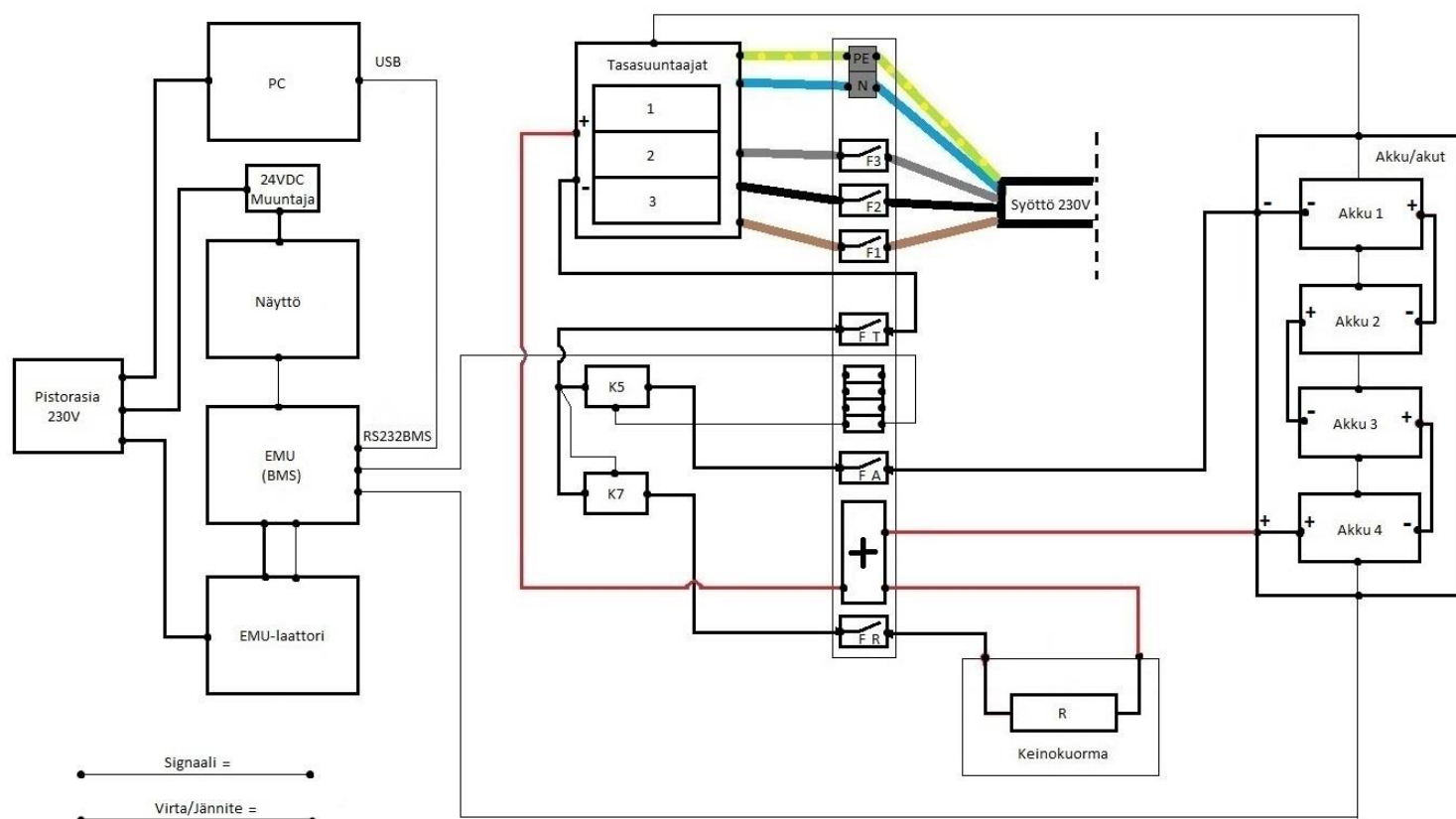
KUVA 1. Testausjärjestelmä yläosa (Ryhänen 2015)



KUVA 2. Testausjärjestelmä alatasa (Ryhänen 2015)

3.1.1 Kytkenä

Testausjärjestelmän kytkennät on toteutettu kuvan 3 mukaisesti. Kuvassa paksummat laitteiden välillä kulkevat viivat tarkoittavat johtimia, joissa kulkee päävirtaa/-jännitettä. Ohuemmat viivat merkitsevät laitteiden välissä kulkevia ohjaussignaaleja tai viestejä. Viivojen päissä tai välissä olevat pallot merkitsevät liityntää laitteeseen tai toiseen johtoon. Viivojen risteyksissä olevat lenkit tarkoittavat, että johdot eivät sähköisesti kosketa toisiaan. Kytkenäkaavio piirrettiin Windowsin Paint-ohjelmalla mahdollisimman yksinkertaisesti, jotta sen tulkitseminen olisi helppoa.



KUVA 3. Kytkenäkaavio (Ryhänen 2015)

3.2 Tasasuuntaajat

Tasasuuntaajina on kolme Eltekin Flatpack2 HE 48V/2000W -moduulia. Ne ovat sisällä neljälle tasasuuntaajalle tarkoitetussa räkissä, jossa jää siis yksi paikka vielä tyhjäksi. Tasasuuntaajarakille tuodaan 230 V kolmivaihesyöttö johdonsuojakatkaisijoiden läpi. Tasasuuntaajat on ohjelmoitu muuttamaan 230 VAC kolmivaihesyöttö yhdeksi noin 53 VDC lähdöksi. Näin ollen akkuja voidaan ladata suoraan tasasuuntaajilta tulevalla jännitteellä, jolloin balansointi jää BMS:n huolehdittavaksi. (Eltek Flatpack2 48V HE Rectifier Data sheet.)



KUVA 4. Eltek tasasuuntaaja (Ryhänen 2015)

3.3 SBC

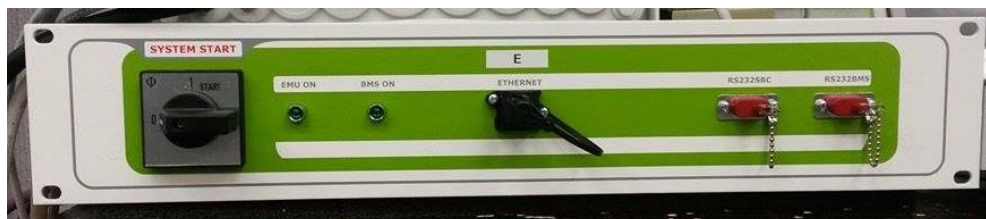
Single-Board Computer (SBC) eli yksikorttinen tietokone on älypiirikortti, jossa on monenlaisia liitäntöjä eri tarpeisiin. SBC-kortille voi asentaa yksinkertaisia ohjelmia, joilla ohjataan sisään- ja ulostuloja. SBC-kortilla voidaan esimerkiksi kirjoittaa lokitiedostoja USB-väylässä olevalle muistitikulle, joka on hyödyllinen ominaisuus testaamisen kannalta tämänkaltaisissa laitteissa. BluES-järjestelmissä käytetään SBC6020-mallista prosessorikorttia, joten tässä testausjärjestelmässäkin käytettiin samaa korttia, jotta sen käyttö olisi tuttua. (SBC6020 Data sheet.)

3.4 BMS

Battery Managemet System (BMS) eli akunhallintajärjestelmä ohjaa kontaktoreita, jotta akusto ei ota ylivirtaa tai syväpurkaannu. BMS on piirikortti, joka esimerkiksi mittaa akuille syötettävää virtaa ja rajoittaa sitä latausta varten sopivaksi. BMS hoitaa latauksen balansoinnin, jotta akkujen kennot latautuvat kaikki tasaisesti täyteen. BMS ohjaa myös suojakontaktoria K5, jotta akku ei laske itseään aivan tyhjäksi. (SALMELA Olavi, 2015-03-18.)

3.5 EMU

Energy Management Unit (EMU) eli energianhallintayksikkö on laite, jossa on sisällä SBC-piirikortti ja akkujen BMS-kortit. EMU-yksikkö muodostaa suurimman osan BluES-järjestelmien älystä, kuten myös tässä testausjärjestelmässä. SBC- ja BMS-kortit ovat sisällä samassa yksikössä, jotta niiden välinen kytkentä ja kommunikointi saadaan mahdollisimman yksinkertaiseksi. Tämä auttaa myös ohjelmistojen asennuksessa sekä vikojen paikannuksessa, kun samasta yksiköstä voidaan hakea kaikki tarvittavat tiedot tietokoneeseen. (SALMELA, Olavi 2015-04-10.)



KUVA 5. EMU (Ryhänen 2015)

EMU:n etuseinässä on laitteen virtakytkin. Siinä ovat myös RS232-liittimet, joilla voidaan katsoa SBC- ja BMS-korteilta tietoja tietokoneen avulla. Etuseinään on sijoitettu myös RJ45 Ethernet-liitäntä, jonka kautta voidaan asentaa uudet ohjelmistot tai ladata lokitiedostoja EMU:lta tietokoneelle. EMU:n takapuolelle on sijoitettu kaikki kiinteästi kytkettävien kaapelien liittimet, kuten näytön signaali, CAN-väyläsignaali, akuilta tuleva signaali BMS:lle, kontaktorin kelojen ohjaus ja syöttö itse EMU:lle.

3.6 EMU-laattori

EMU-laattori on laite, jonka Proxion Solutions Oy:n Juha Kiviniemi on rakentanut EMU:jen testausta varten. Laitteessa on 48 VDC-virtalähde, josta EMU:t saavat virtaa ilman akkuja tai ulkoista virtalähdettä. Laitteessa on myös monenlaisia liitosjohtoja, jotta voidaan testata eri-ikäisiä EMU-versioita. Itse laitteen sisältö on hyvin yksinkertainen. Kolmella prosessorikortilla ja kaksirivisellä LCD-näytöllä toteutettu kytkentä palvelee hyvin tarpeellisissa testeissä. Laite syöttää tarvittavan virran EMU:lle työpöydällä, jotta voidaan asentaa esim. EMU:jen ohjelmistot ennen asennusta BluES-kaappeihin. Laitteella voidaan myös testata SBC- ja BMS-reset -komentoja, sekä CAN-väylän toimivuus. Laite on hyvä apuväline monien EMU:n vikojen paikantamisessa ja testauksessa. (KIVINIEMI, Juha 2015-05-08.)

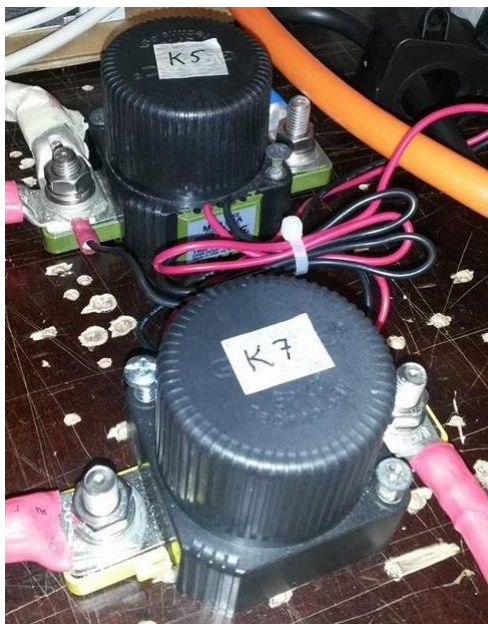


KUVA 6. EMU-laattori (Ryhänen 2015)

3.7 Kontaktorit

Kontaktorit ovat sähköisesti ohjattuja kytkimiä. Kun kontaktorin kela saa ohjausjännitteen, se yhdistää kontaktorin navat. Näin kontaktoria voi ohjata esim. BMS- tai SBC-kortilla vetämään tiettyyn aikaan ja tiettyyn tarkoitukseen. Testijärjestelmässä on käytössä kaksi Gigavac-merkkistä kontaktoria malleiltaan MX11BA (järjestelmässä K5) ja GX11FA (järjestelmässä K7).

Kontaktorin K5 keloja ohjaa 12 V jännite, joka tulee SBC:ltä. Se suojaa akkuja siten, että BMS käskkee kontaktorin navat irti, kun akut alkavat olla liian tyhjiä. Näin akut eivät pääse syväpurkautumaan, millä taataan akuille pitkä toimintaikä. Toinen kontaktori K7 ohjaa kuormaa. Sen kelat saavat jännitteen vasta kun edellinen kontaktori on vetäneenä ja akut ovat varmasti kytkettyinä. Tämän kontaktorin jälkeen kuorman voi kytkeä vielä päälle tai pois johdonsuojakatkaisijalla. (Gigavac MX11BA Data sheet ja Gigavac GX11FA Data sheet.)



KUVA 7. Kontaktorit (Ryhänen 2015)

3.8 Näyttö

Näyttö on malliltaan Weintek MT-6050i. Se on 4,3" TFT-LCD-kosketusnäyttö johon tiedot haetaan sarjamuodossa EMU:lta. Näytössä on myös USB-liitäntä, jonka avulla asennetaan näyttöön uusimmat ohjelmistoversiot. (Weintek MT-6050i Data sheet.)

Näytöstä nähdään seuraavat järjestelmän tiedot:

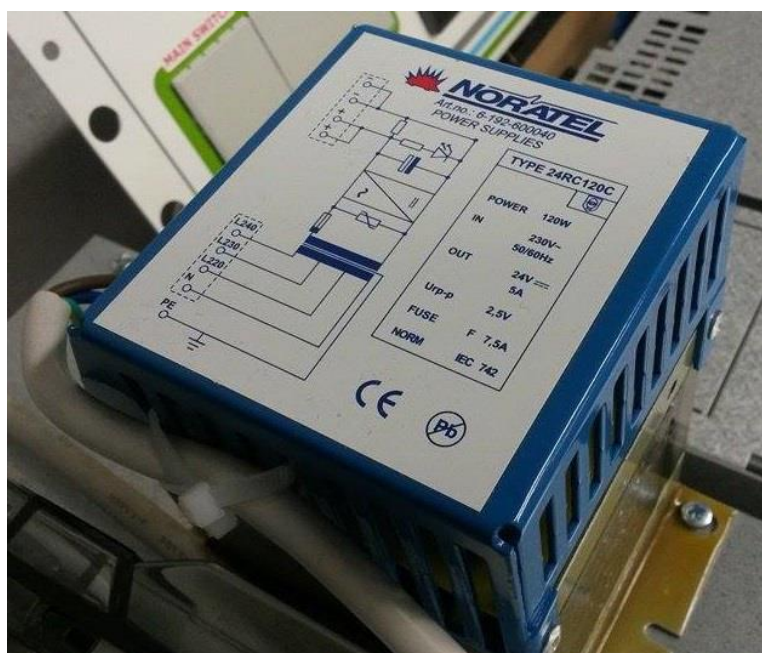
- jäljellä oleva akkujen toiminta aika
- akkujen kapasiteetti
- käytössä olevien tasasuuntaajien määrä
- akkujen tuottama jännite
- kuorma- ja latausvirta
- akun varaustila
- akkujen keskilämpötila
- kolmivaihesyötön vaihekohtaiset jännitteet ja virrat
- ohjelmistoversion numero
- nykyinen päivämäärä ja kellonaika



KUVA 8. Näyttö (Ryhänen 2015)

3.8.1 Näytön virtalähde

Näyttö tarvitsee 24 V tasajännitettä, joten järjestelmään joutui lisäämään ylimääräisen jännitelähteen, koska järjestelmästä ei muualta saa 24 VDC ulostuloa. Onneksi testitiloista löytyi ylimääräinen 24 V muuntaja, jonka pystyi hyödyntämään järjestelmään. Muuntaja on malliltaan Noratel 24RC120C. Siihen tuodaan perinteisellä jatkojohdolla yksivaihesyöttö 230VAC, 50/60Hz ja siitä saa ulos 24 V tasajännitteellä 5 A ja 120 W. Näyttö itsessään käyttää vain noin 250 mA virtaa, joten muuntajalta voi ottaa vielä muuallekin 24 V jännitteen, jos tulevaisuudessa on tarvetta lisätä 24 VDC vaativia laitteita. (KIVINIEMI, Juha 2015-05-08.)



KUVA 9. Noratel 24 V muuntaja (Ryhänen 2015)

3.9 Keinokuorma

Tätä opinnäytetyötä varten oli hyvä selvittää, onko markkinoilla saatavilla sopivan kokoisia ja hintaisia keinokuormia. Selvisi että testijärjestelmän vaatimille isoille tehoille ei löydy järkeväkokoisia ja -hintaisia keinokuormia. Harkinnassa oli myös lainata Varkauden Savonia Ammattikorkeakoulun 16 kW:n keinokuormaa, mutta laitteen koon vuoksi sen siirtely testihallin ja koulun välillä olisi ollut hankalaa. Lopulta päädyttiin käyttämään jo valmiiksi testitiloista löytyvää työntekijöiden itse kehittämää keinokuormaa.

Keinokuormana toimivat häkissä olevat eripituiset hitsauslangat. Langat lepäävät posliinisten voimalinjan eristeiden päällä. Hitsauslangan ominaisresistanssi on mitä optimaalisin ja kestävyys on hyvä tähän käyttötarkoitukseen. Häkissä on kolme eripituista lankaa, joita voidaan kytkeä omilla kaapeleillaan testilaitteeseen. Jokaisessa langassa on hieman erikokoinen vastus, joten testilaitteen ottamaa kuormavirtaa saa lisättyä tai vähennettyä lankoja vaihtamalla sekä kytkentäpistettä säätämällä. (SALMELA, Olavi 2015-04-10.)



KUVA 10. Keinokuorma (Ryhänen 2015)

4 TESTIJÄRJESTELYT

4.1 Latausvaihe

Latausvaiheessa kuorma kytketään irti ja akut ladataan täyteen kolmivaihepäävirtasyötön antaessa tasasuuntaajille virtaa. Näytöstä voidaan säätää tasasuuntaajille otettava maksimisyöttövirta. BMS säätelee latauksen loppuvaiheessa akkujen kennojen balansoinnin. Kun akut ovat täynnä, eli SOC on 100 %, säätää BMS tasasuuntaajat ylläpitolataukselle. Näin voidaan esimerkiksi syöttää kuormalle virtaa samalla kun ladataan akkuja. Testijärjestelmässä tällä toiminnolla ei ole kuitenkaan käyttöä.

4.1.1 Latauksen balansointivaihe

Latausvaiheeseen kuuluu balansointivaihe, joka on hyvin tärkeä ominaisuus. Akkujen kennot eivät lataudu kaikki yhtä aikaa samaan jännitteeseen. Latauksen päätyttyä on siis tärkeää, että jokainen kenno on varmasti täynnä, muutenhan akun varaustila ei olisi todellisuudessa täydet 100 %. Balansointivaihe tarkoittaa, että jos akussa on esimerkiksi neljä kennoa ja niistä vain kaksi on aivan täyteen ladattu, akkua ladataan vielä niin kauan, että jokainen kenno on varmasti täydessä jännitteessään. Kennot eivät ole keskenään koskaan aivan tasalaatuisia, joten toiset kennot latautuvat nopeammin kuin toiset. Siksi latausvaiheen lopulla on hyvä balansoida kennojännitteet.

Monilla akkuvalmistajilla balansointivaihe voi kestää moninkertaisesti itse latausvaiheeseen verrattuna ja se on todella huono ominaisuus maissa joissa sähköverkon laatu on huono. Akut eivät ehdi latautua eivätkä balansoitua koskaan täysin ja silloin ne vanhentuvat nopeammin.

(SALMELA, Olavi 2015-05-07.)

4.2 Purkuvaihe

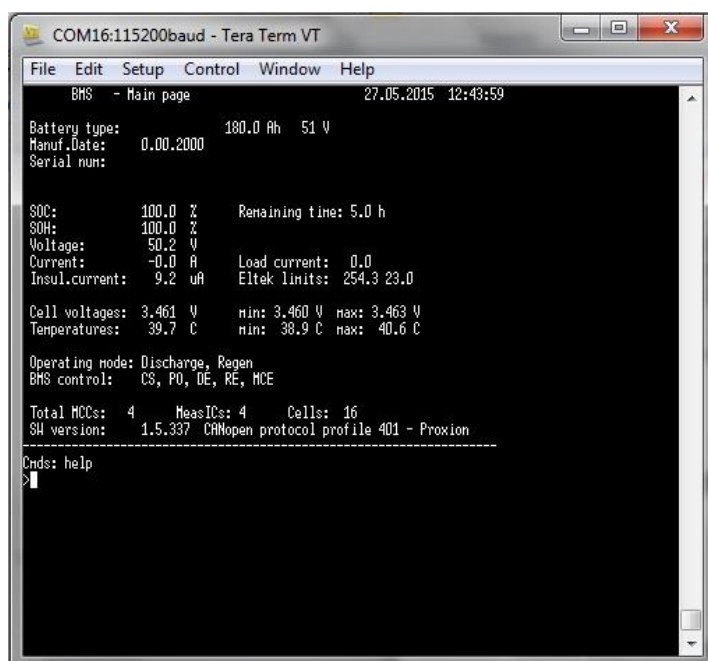
Purkuvaiheessa kolmivaihesyöttö suljetaan ja järjestelmä jää pelkästään akkujen varaan. Keino-kuorma kytketään päälle, ja tarkistetaan, että akut alkavat syöttää virtaa kuormalle. Keinokuorman hitsauslangat hehkuvat hyvin kuumina, kun virtaa alkaa kulkea.

Purkuvaiheita on kolme erilaista. Ensimmäisellä kokeillaan purkaa akkuja valmistajan ilmoittamalla kuormavirralla 1C. Tämän jälkeen kun akut on ajettu tyhjäksi ja taas ladattu, kuorma kaksinkertaistetaan, jotta kuormavirta puolittuu C/2:een. Tämän jälkeen, kun akut on taas ajettu tyhjiksi ja ladattu, kaksinkertaistetaan kuorma vielä kerran, jotta kuormavirta on enää C/4.

Testeissä käytettyjä akkuja ei valmistajan mukaan suositella purettavaksi 1C (180A) kuormavirralla. Se olisikin ollut todella iso virta testausjärjestelmälle, joten ainakin kuorman johdonsuojakatkaisijat olisi jouduttu vaihtamaan kahvasulakkeisiin ja kuormalle menevät johdot paksumpiin. Keinokuormassa käytettävä hitsauslanka olisi myös joutunut todella koville, joten purkutestit tehtiin vain kuormilla C/2 (90A) ja C/4 (45A). Kyseisillä kuormilla akun käyttäytymistä pystyttiin jo vertaamaan selkeästi ja lokitiedostoista Excelillä tehtyihin käyriin saatiin huomattavia eroja.

4.3 Lokitiedostot

SBC-kortin tallentamissa lokitiedostoissa ei näy akkujen kennojännitteitä, jotka ovat akkujen toimintakyvyn selvittämisen kannalta tärkeää tietoa, siksi testausjärjestelmässä päädyttiin käyttämään Tera Term-ohjelmaa lokitiedostojen tallennukseen. Tera Term:ssä voidaan antaa erilaisia makrokomentoja, joilla voi ohjata BMS:n toimintaa. Siitä näkee myös BMS:n akuista mitaamat tiedot, kuten esimerkiksi kennojännitteet ja lämpötilat, joten sen käyttö oli monipuolisin vaihtoehto lokitiedostojen tallennukseen.



KUVA 11. Tera Term Main page (Ryhänen 2015)

EMU:n RS232BMS-liittimen ja tietokoneen USB-väylän väliin kytketään kaapeli, jossa on RS232-USB muunnin. Lokitiedoston tallennus aloitetaan valitsemalla Tera Termin File-valikosta Log-komento ja sen jälkeen nimeämällä lokitiedosto. Nimen tallennuksen jälkeen ohjelma kirjaa tekstitiedostoon kaikki ohjelman ikkunan tapahtumat. Seuraavaksi kirjoitetaan komento plog, jonka jälkeen BMS alkaa näyttää akuilta luettavia arvoja. Tera Term tallentaa reaaliaikaisesti ne tiedostoon sekunnin välein. Tämän jälkeen testit voidaan aloittaa järjestelmällä. Lokin kirjoitus pysäytetään painamalla Tera Termin erillisen Log-ikkunan Close-painiketta, minkä jälkeen tiedosto on valmis luettavaksi.

Lokitiedostot avataan Microsoft Excel-ohjelmalla. Exceliin avattaessa täytyy asettaa lokitiedoston tietojen erottimet puolipisteiksi, jotta tiedot asettuvat järkevästi Excelin sarakkeisiin. Asettelyn jälkeen lokitiedoston sarakkeista voi piirtää Excelillä käyriä. Käyristä voi päätellä suurimman osan akun käyttäytymisestä latauksen ja purkamisen aikana.

4.4 Testausohjeet

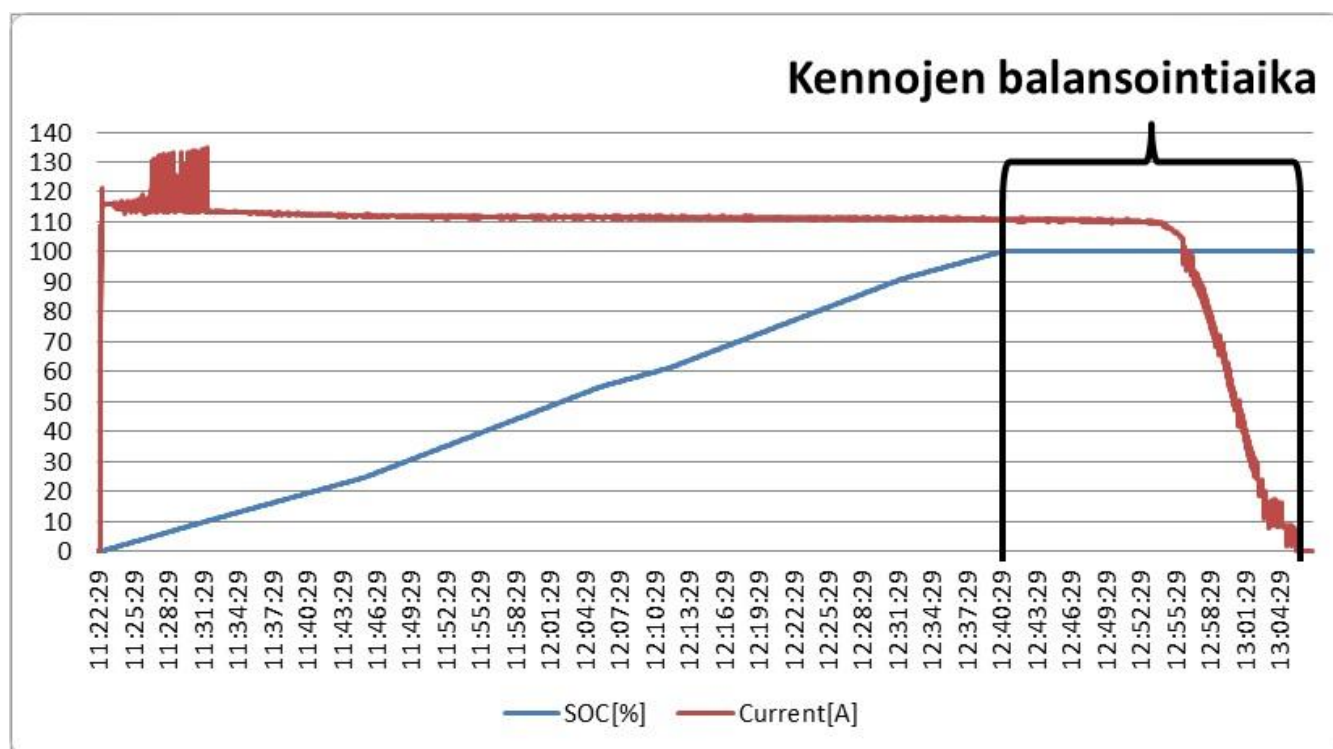
Testausta varten tehtiin kaksi erilaista ohjetta. Akkujen testausohjeessa kerrotaan vaihe vaiheelta, kuinka akkujen testausjärjestelmä toimii ja kuinka testit tulee suorittaa. Akkujen lokitiedostojen käsittelyohjeessä kerrotaan, kuinka lokitiedostoista saadaan puretuksi tarvittavat tiedot Excelissä. Ohjeet tehtiin Word-tiedostomuodossa, jotta niitä olisi helppo tarvittaessa muokata. Tarkoitus oli, että selkeän ohjeen mukaan akkujen testausta tulevaisuudessa voisi teettää opastetusti esimerkiksi oppilastyönä. Akkujen testauspöytäkirja ja akkujen lokitiedostojen käsittelypöytäkirja löytyvät liitteistä.

5 TESTIEN TULOKSIA

5.1 Latausaika ja balansoinnin kesto

Latausajan pystyy laskemaan suoraan erotuksena Excelissä lokitiedostosta vähentämällä ensimmäisen kellonajan, jolloin akuille on alkanut mennä virtaa, siitä ajasta, kun akut ovat täynnä. Testien aikana latauksia tehtiin useita, mutta niistä vain kaksi tallennettiin lokitiedostoon. Keskimääräinen testeissä laskettu latausaika noin 105 A virralla oli noin 1 h 43 min.

Lokitiedostoista voidaan tarkastella balansointivaiheen kestoa. Sen voi laskea myös suoraan Excelissä. Silloin vähennetään se kellonaika, jolloin akkujen SOC on ollut ensimmäisen kerran 100 %, siitä kellonajasta, jolloin akuille ei enää mene virtaa. Keskimääräinen testeissä laskettu balansoinnin kesto oli vain noin 25 min. Latausvirran ja varaustilan kesken voi piirtää myös viivakaavion (ks. kuva 12), josta hahmottaa balansointiajan helpommin.



KUVA 12. Kennojen balansointiaika (Ryhänen 2015)

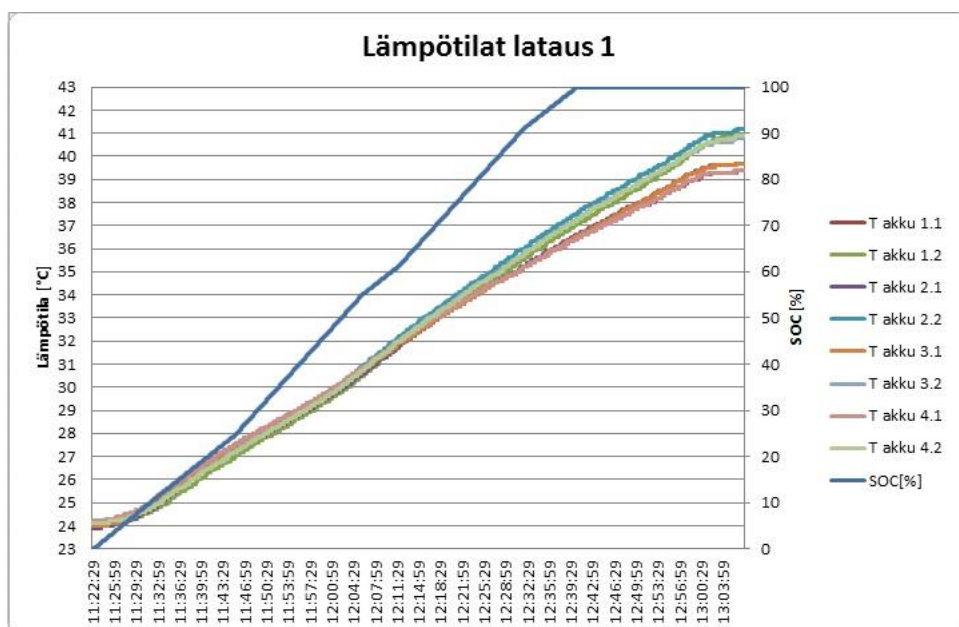
5.2 Akkujen lämpötilat

Akkujen lämpeneminen ja lämpötilan muutos on hyvä tietää lataus- ja purkuvaiheista. Lämpötilan muutos ei saisi merkittävästi poiketa ympäristön lämpötilaan verrattuna, koska silloin akkua ei voisi käyttää lämpimissä maissa, koska maksimikäyttölämpötilat tulisivat äkkiä vastaan. Testitiloissa ympäristön lämpötila on noin 24 °C, joten lämpötilan muutoksia verrattiin siihen arvoon.

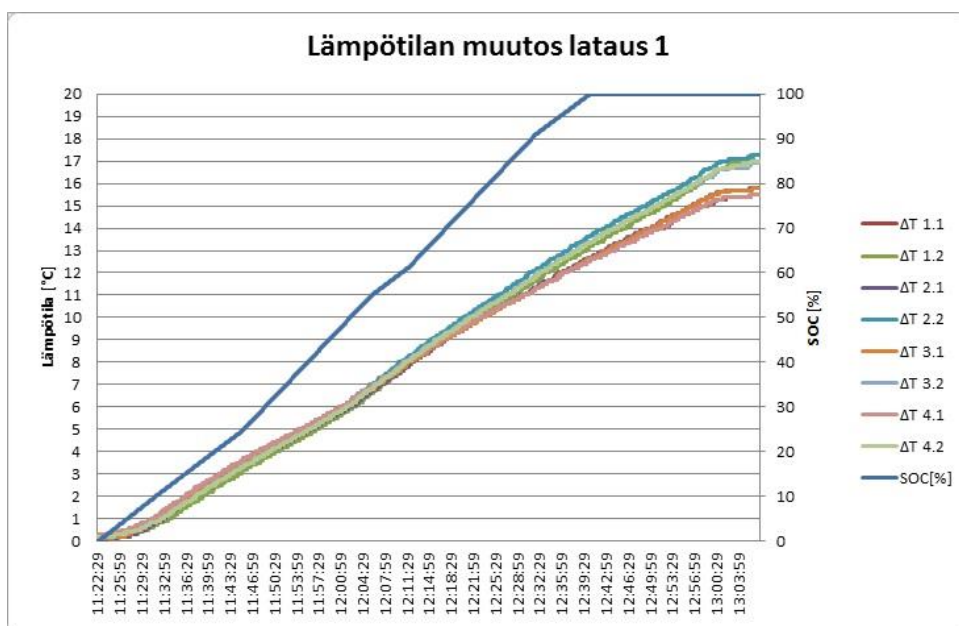
Jokaisessa akussa on sisällä kaksi lämpötila-anturia. BMS mittaa lämpötilat sekunnin välein molemmista antureista ja kirjaa ne lokitiedostoon. BMS myös ilmoittaa matalimman ja korkeimman mitatun lämpötilan erikseen. Testausjärjestelmästä näkee näytöltä sen hetkisen akkujen keskimääräisen lämpötilan, joka kirjautuu myös lokitiedostoon. Lämpötilojen vaihteluita on helpoin seurata lokitiedostosta piirtämällä niistä viivakaaviot. (SALMELA, Olavi 2015-05-07.)

5.2.1 Latausvaihe

Latausvaiheessa on ilmiselvää, että akut lämpenevät enemmän, varsinkin kun niihin syötetään kovaa virtaa koko ajan. Balansointivaiheessa lämpötilat vielä hieman nousevat loppua kohden, kun kennot ajetaan aivan täyteen. Alla olevista käyristä voi nähdä esimerkkinä ensimmäisen latauksen lämpötilat ja lämpötilan muutokset varaustilaan verrattuna.



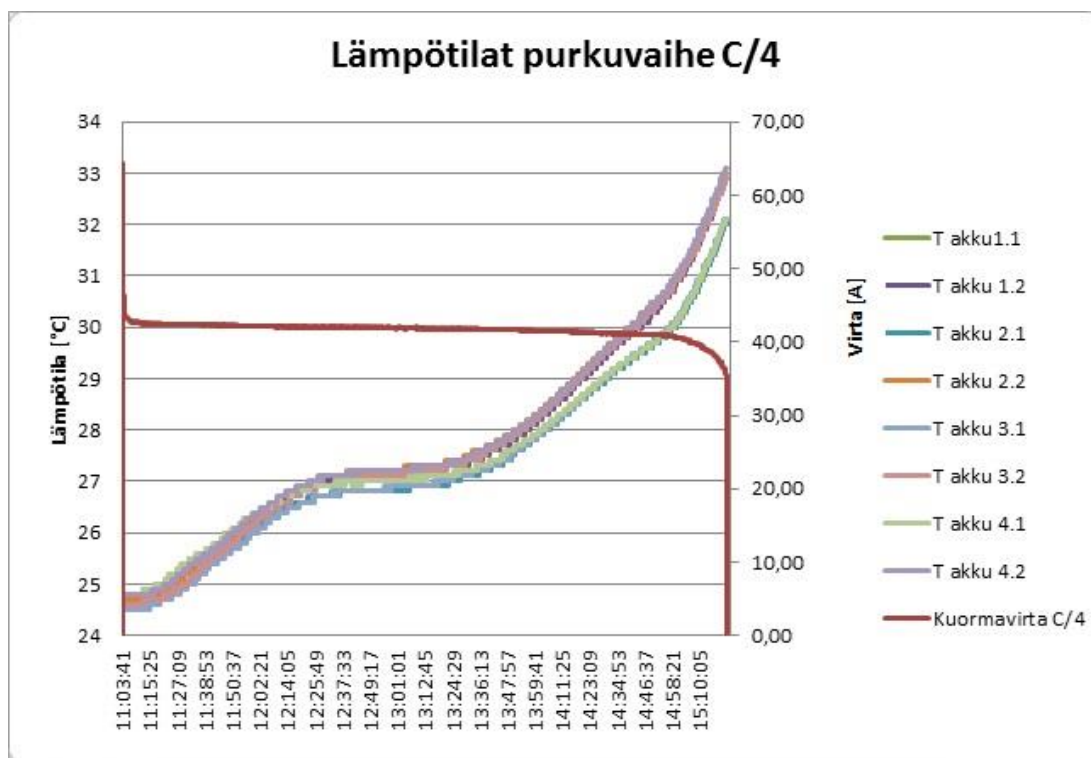
KUVA 13. Lämpötilat lataus 1 (Ryhänen 2015)



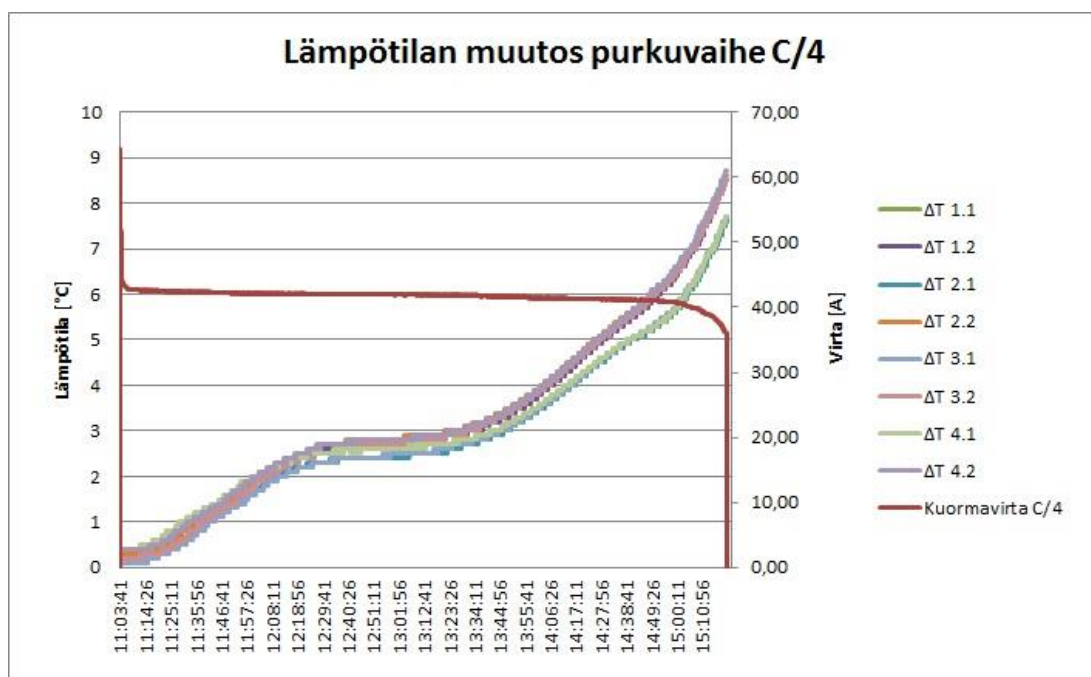
KUVA 14. Lämpötilan muutos lataus 1 (Ryhänen 2015)

5.2.2 Purkuvaihe

Purkuvaiheissa eivät akut lämmenneet niin paljon kuin latausvaiheissa. Täten voi siis todeta, että virran suuruus on verrattavissa akkujen lämpenemiseen. Alla olevista käyristä voi tarkastella esimerkiksi C/4 purkuvaiheen lämpötiloja ja lämpötilojen muutosta verrattuna kuormavirtaan.



KUVA 15. Lämpötilat C/4 (Ryhänen 2015)



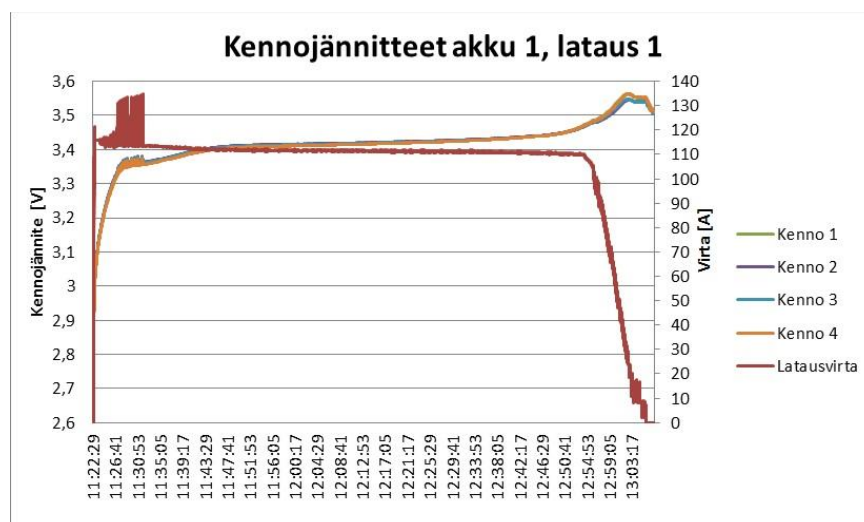
KUVA 16. Lämpötilan muutos C/4 (Ryhänen 2015)

5.3 Kennojännitteet

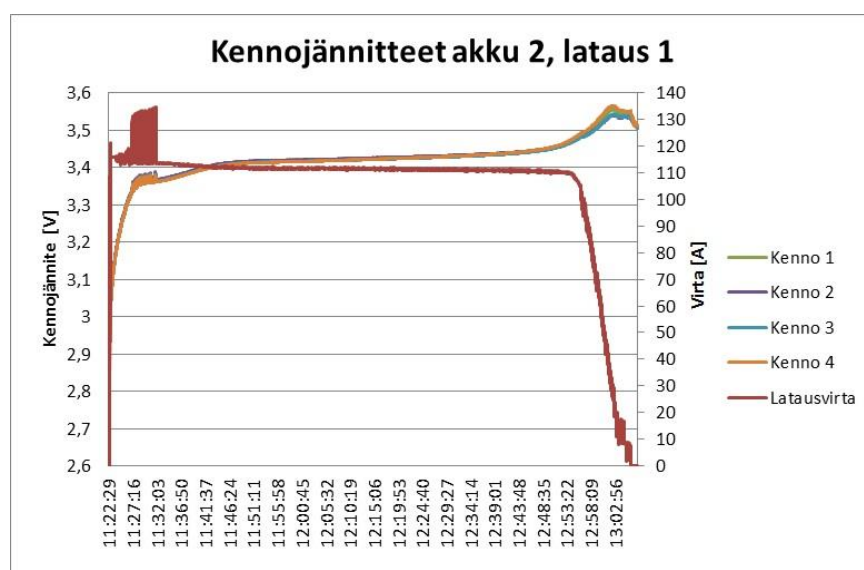
Tärkein testien osa on selvittää akkukennojen käyttäytyminen kennojännitteiden avulla. Jos akussa on neljä kennoa ja niistä yksi on selvästi heikompi kuin muut, se pilaa koko akun toiminnan. Kennojen täytyy latautua ja purkautua tasaisesti, jotta ei käy niin, että yksi kenno esimerkiksi purkautuu aikaisemmin kuin muut, jolloin BMS katkaisee virran akunsuojakontaktorilla, vaikka muissa kennoissa olisi vielä kapasiteettiä jäljellä. Yksikään BMS ei pysty korjaamaan sellaisen akun toimintaa, jossa yksi kenno käyttäytyy huonommin kuin muut. (SALMELA, Olavi 2015-05-21.)

5.3.1 Latausvaihe

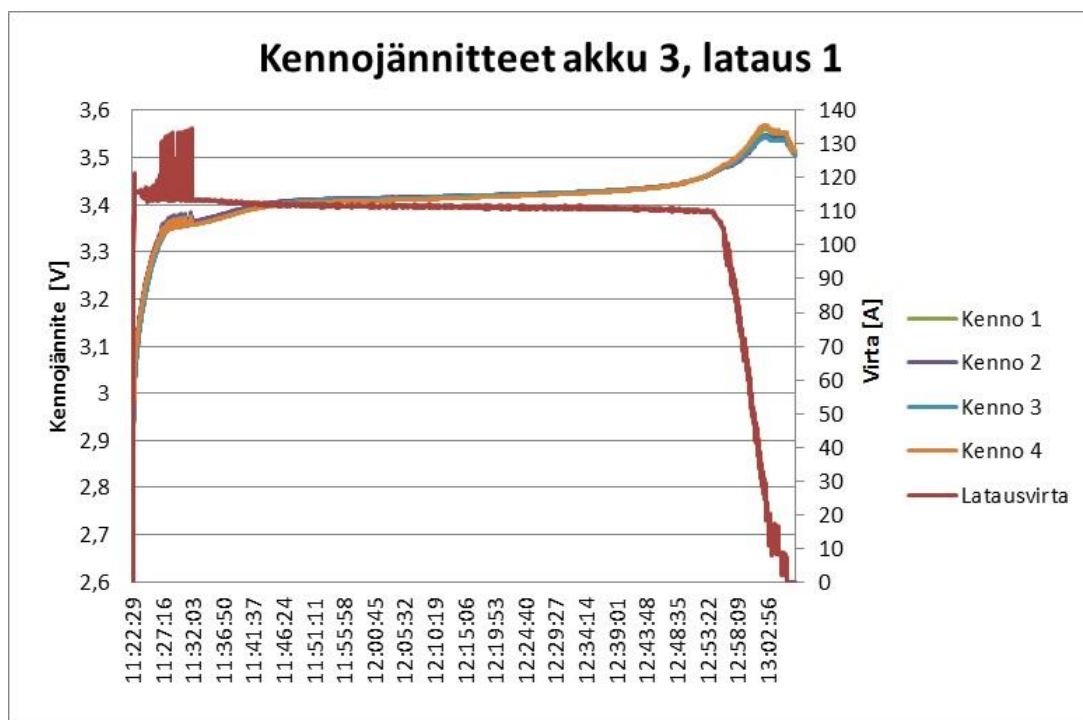
Alla ovat esimerkkinä ensimmäisen latauksen kennojännitteet verrattuna latausvirtaan. Käyrien lopussa näkee hyvin kuinka kennot latautuvat täyteen jännitteeseen balansoinnin aikana samalla kun virta laskee vähitellen.



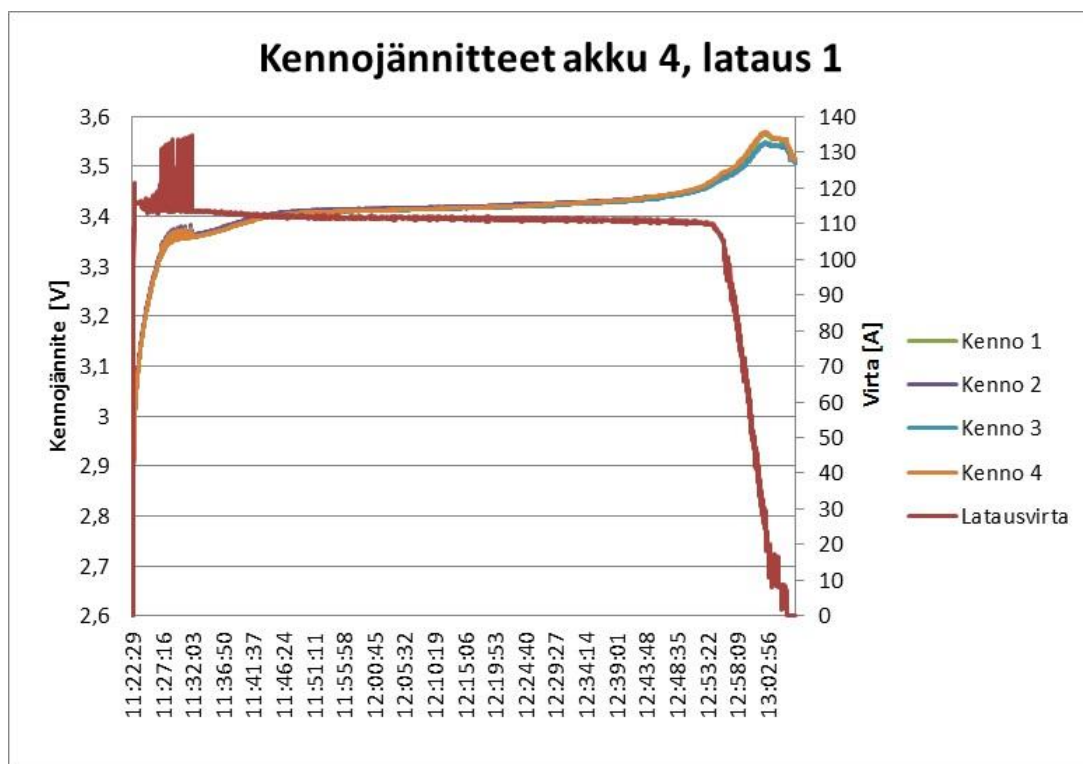
KUVA 17. Kennojännitteet akku 1, lataus 1 (Ryhänen 2015)



KUVA 18. Kennojännitteet akku2, lataus 1 (Ryhänen 2015)



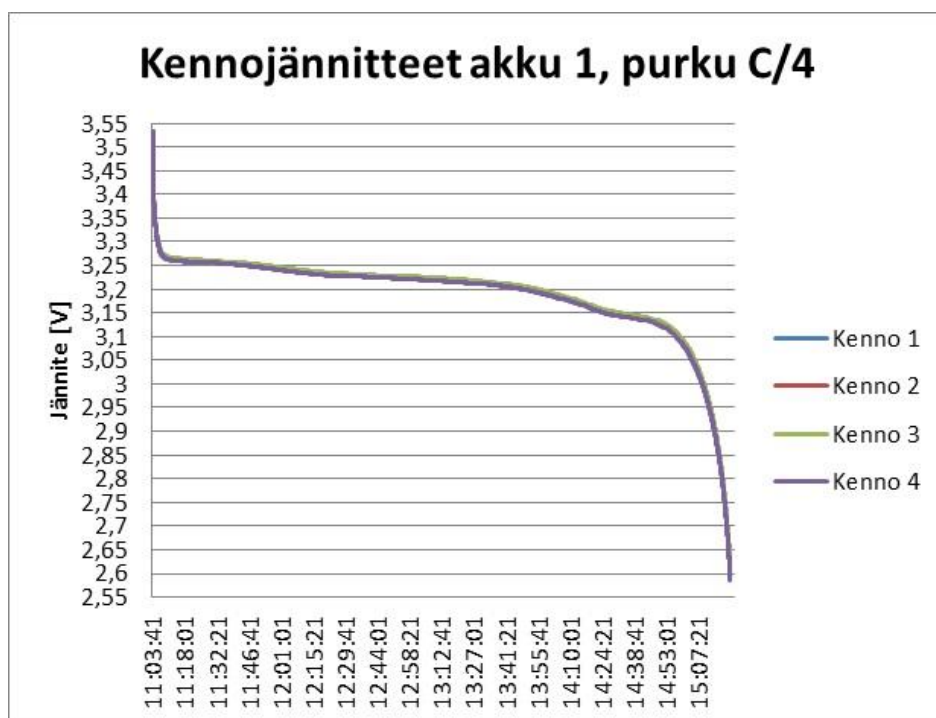
KUVA 19. Kennojännitteet akku2, lataus 1 (Ryhänen 2015)



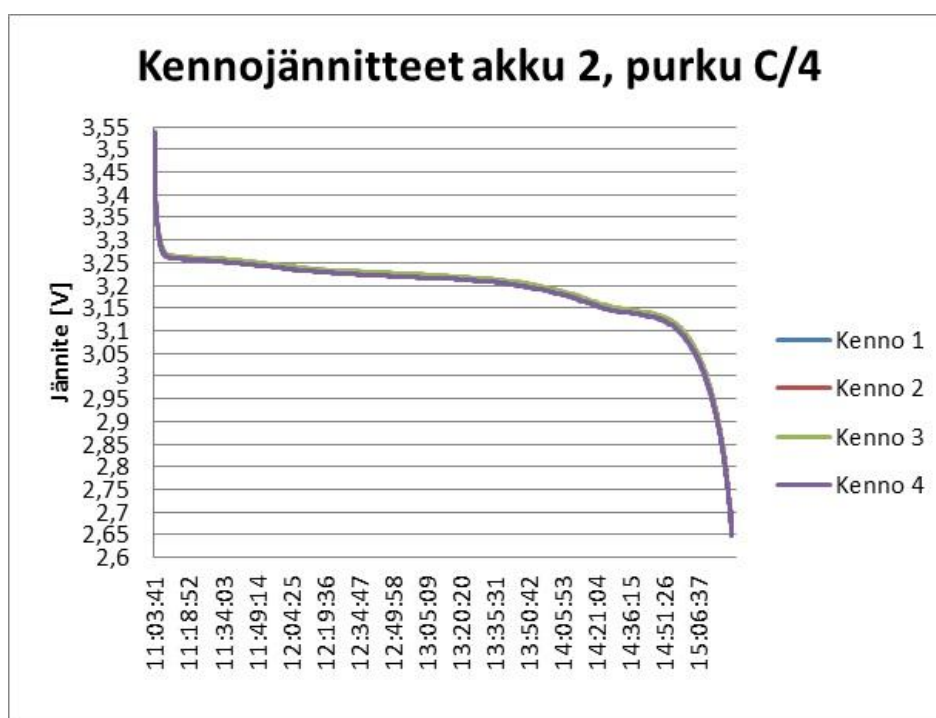
KUVA 20. Kennojännitteet akku4, lataus 1 (Ryhänen 2015)

5.3.2 Purkuvaihe

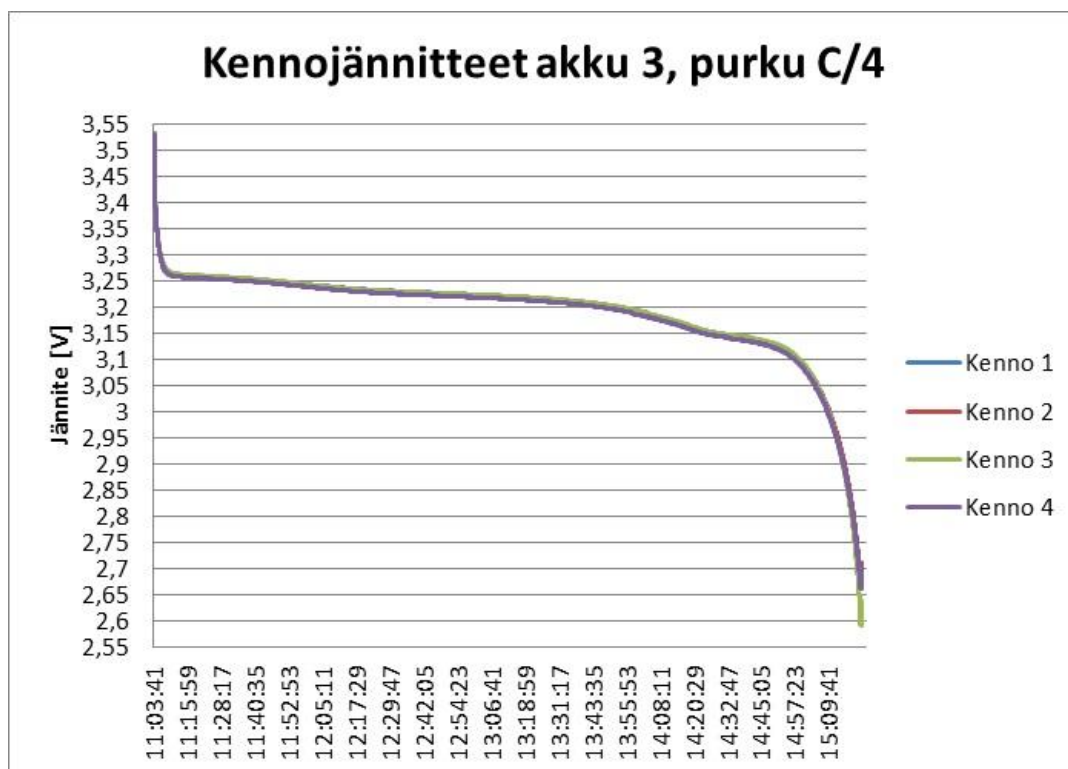
Alla ovat esimerkkinä C/4 kuormavirralla toteutetun purkuvaiheen kennojännitteet. Käyristä huomaa, että kennot purkautuvat hyvin tasaisesti. Jos yksi kenno olisi jotenkin huonompi kuin muut, sen huomaisi heti poikkeamana käyrässä. Silloin voidaan todeta, että akku ei ole enää täysin käyttökelpoinen ainakaan BluES-järjestelmiin.



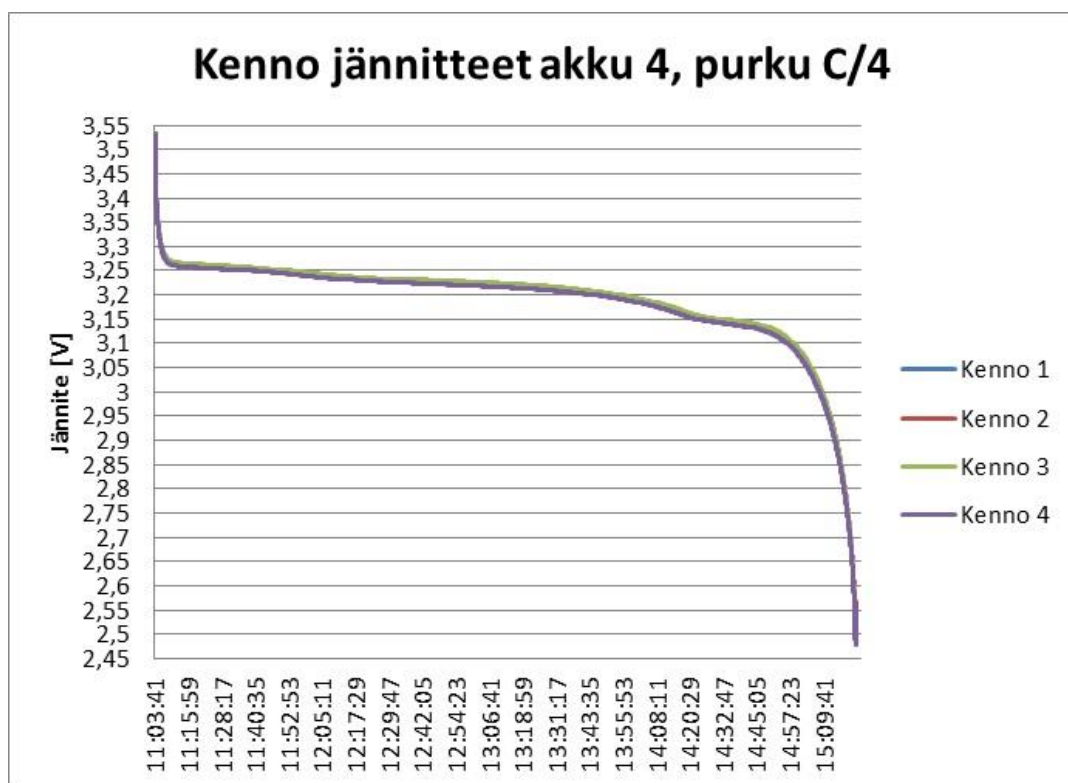
KUVA 21. Kennojännitteet akku 1, purku C/4 (Ryhänen 2015)



KUVA 22. Kennojännitteet akku 2, purku C/4 (Ryhänen 2015)



KUVA 23. Kennojännitteet akku 3, purku C/4 (Ryhänen 2015)



KUVA 24. Kennojännitteet akku 4, purku C/4 (Ryhänen 2015)

5.4 Kapasiteetin paikkaansa pitävyys

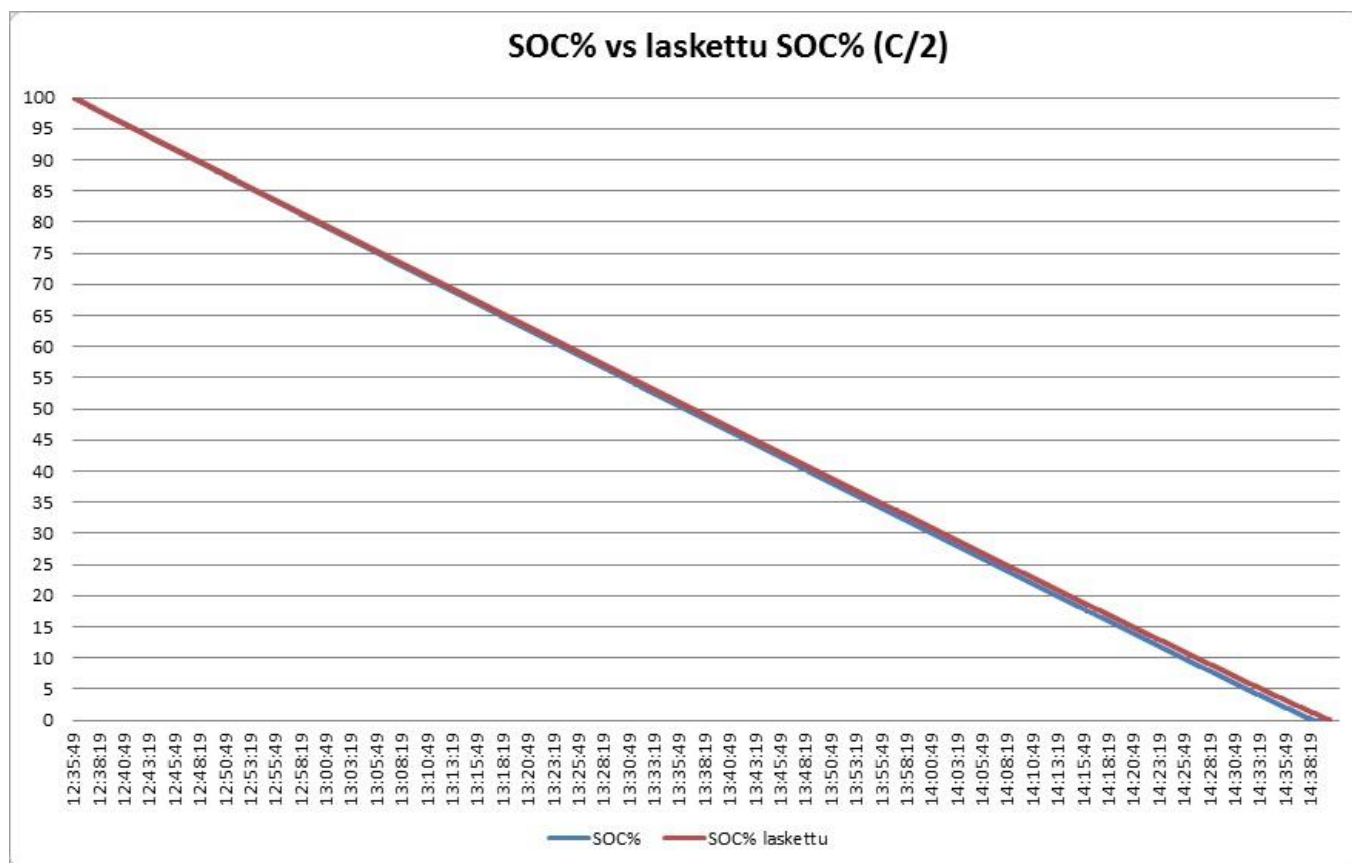
Akkuvalmistajan ilmoittama nimelliskapasiteetti testien akuissa on 180 Ah. Lokitiedoista on hyvä laskea purkuvaiheessa kapasiteetin paikkaansa pitävyys, jolloin saadaan selville, paljonko akuista on todellisuudessa saatu kapasiteettiä käyttöön. Sen voi laskea kuormavirran ja ajan avulla. Jokainen virta-arvo jaetaan sekuntikohtaisesti 3600:lla, jolloin saadaan selville sekunnin aikana akuista otettu Ah-määrä. Kaikki sekuntikohtaiset arvot lasketaan yhteen, jolloin saadaan selville akkujen todellinen kapasiteetti. (SALMELA, Olavi 2015-05-21.)

C/4 kuormavirralla todellista kapasiteettiä saatiin 178,86 Ah, joka on 99,4 % valmistajan ilmoittamasta 180 Ah:sta. C/2 kuormavirralla kapasiteettiä saatiin 178,12 Ah, joka on 99 % valmistajan ilmoittamasta 180 Ah:sta. Arvoista voi päätellä että akuista saatava todellinen kapasiteetti on suoraan verrattavissa kuorman suuruuteen.

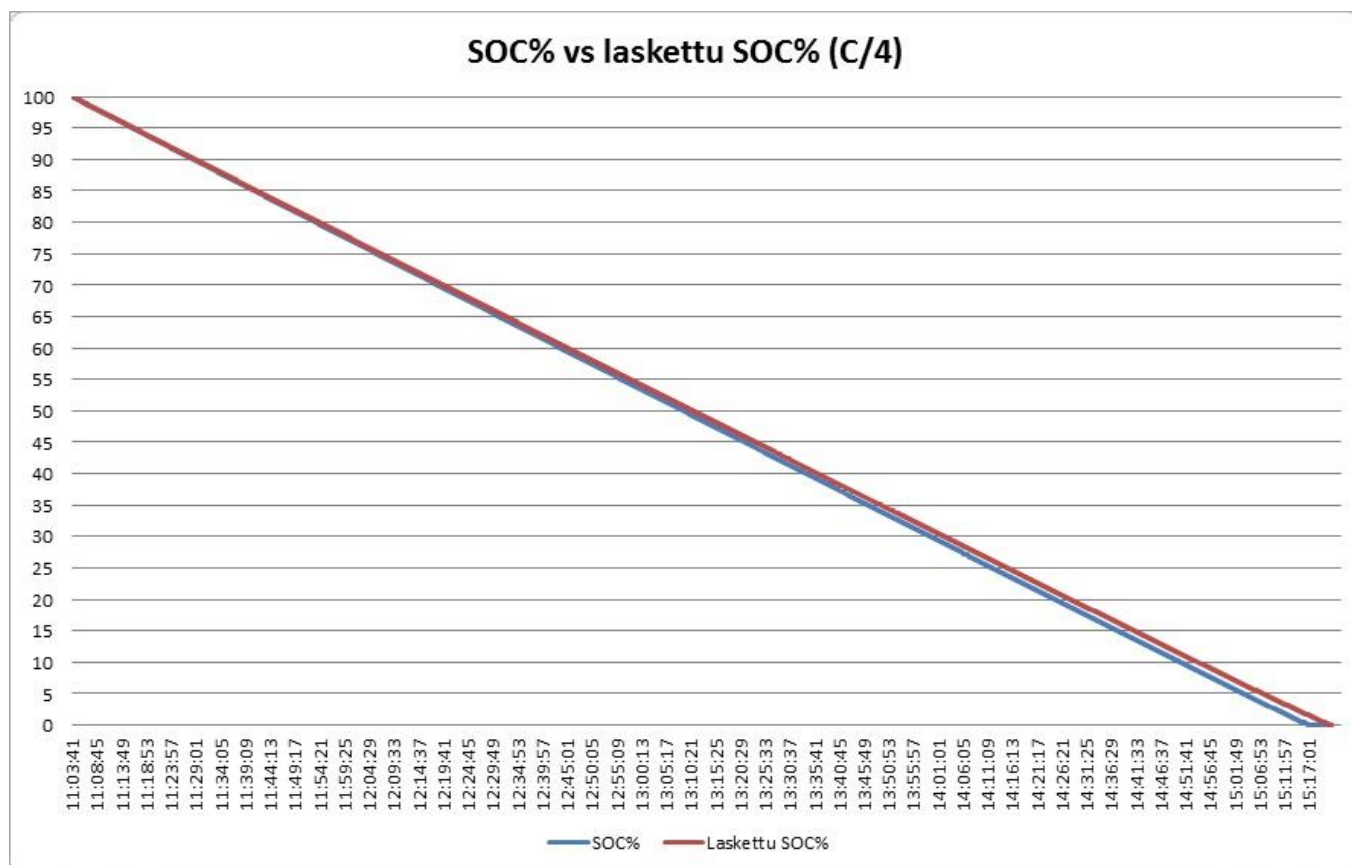
5.5 Todellisen SOC %:n laskenta

BMS laskee sille määritetyllä kaavalla akkujen varaustilan (SOC %) sekunnin välein. Tämä ei kuitenkaan ole täysin tarkka joka suhteessa, joten todellinen varaustila on hyvä laskea purkuvaiheesta myös itse, jotta sitä voi verrata BMS ilmoittamiin arvoihin. Lokitiedostoja selatessa huomaa äkkiä, että vaikka järjestelmän mukaan SOC % on ollut jo monta minuuttia nollassa, menee akuilta silti virtaa kuormalle. Tämä ei olisi mahdollista, jos akkujen varaustila olisi todellisuudessa 0 %.

SOC % laskenta aloitetaan vähentämällä lasketun todellisen kapasiteetin arvosta ensimmäinen sekuntikohtaisesti otetun Ah-määrän arvo, joka saatiin selville kapasiteetin laskennan yhteydessä. Laskentaa jatketaan seuraavan sekunnin kohdalla siten, että äsken lasketusta erotuksesta vähennetään taas kyseisen sekunnin kohdalla otettu Ah-määrä. Laskentaa jatketaan tällä periaatteella niin pitkään, kunnes erotus on nolla. Seuraavaksi täytyy laskea, montako prosenttia jokaisen sekunnin kohdalla oleva kapasiteettiarvo on todellisesta kapasiteetistä. Näin saadaan selville sekuntikohtaisesti SOC %. Laskennan avulla todettua varaustilaa on helpoin verrata viivakaavion avulla BMS:n ilmoittamiin arvoihin, jotta ero nähdään käytännössä. (SALMELA, Olavi 2015-05-21.)



KUVA 25. SOC kaavio C/2 (Ryhänen 2015)



KUVA 26. SOC kaavio C/4 (Ryhänen 2015)

6 RISKIT JA NIIHIN VARAUTUMINEN

Tasajännitelähteissä suuret virranpurkaukset voivat olla hyvinkin vaarallisia ja valokaarien syntymisriski on hyvin suuri. Näin ollen oli hyvä selvittää, onko mittauksille olemassa joitakin tiettyjä standardeja ja säännöksiä, jotta testaukset tulee tehtyä palo- ja sähköturvallisesti. Itse akkujen mittauksiin ei löytynyt suoraan virallisia standardeja, mutta akkujen kytkentään ja asennuksiin liittyvissä standardeissa oli kyllä tietoa turvallisuudesta. Suurin osa standardien vaatimuksista koskee yli 60 voltin akkujärjestelmiä, joten niitä ei suoraan tarvinnut soveltaa tähän työhön, mutta sähköturvallisuuden varmistamiseksi toimittiin pääasiallisesti SFS 50272-1 Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset -standardin mukaan.

6.1 Vikatilanteet

Testien aikana on hyvin tärkeää, että testien suorittaja valvoo testausjärjestelmää. Jos esimerkiksi syntyy jokin vaaraa aiheuttava vikatilanne tai järjestelmä vioittuu, voi käyttäjä katkaista virrat laitteesta. Varmuuden vuoksi järjestelmää ei siis jätetä yksin päälle, vaan pistorasiaan menevät johdot irrotetaan ja sulakkeet sekä johdonsuojakatkaisijat kytketään pois päältä yön ajaksi.

Testien aikana ei syntynyt suurempia vaaraa aiheuttavia vikatilanteita. Järjestelmä sammui pari kertaa, kun purkuvaiheen lopulla akut olivat aivan tyhjiä. BMS ohjasi K5-kontaktoria vuoronperään päälle ja pois, jonka jälkeen EMU sammutti itsensä. Tämä johtui EMU-yksikön ulkoisesta syötöstä. Normaalisti BMS olisi sammuttanut järjestelmän kerralla. Tilanne korjaantui, kun kuorman johdonsuojakatkaisijat kytkettiin pois päältä ja EMU käynnistettiin uudelleen virtakytkimestä.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa mahdollisimman yksinkertainen ja edullinen akkujen testausjärjestelmä. Mielestäni tavoitteessa onnistuttiin ja suurimmilta ongelmilta vältyttiin. Komponenttien valinta oli helppoa, koska testitiloista löytyi paljon ylimääräisiä osia. Itse laitteen suunnittelu ja toteutus onnistui lopulta nopeasti, kun oli ensin perehdytty BluES-järjestelmiin niiden testauksien ohella.

Tehtyjen ohjeiden mukaan laitetta voi käyttää opastetusti sellainenkin henkilö, joka ei ole aiemmin akkuja testannut. Laitteeseen tarvittavien lisäkytkentöjen ja muiden muutostöiden tekeminen on tehty myös yksinkertaiseksi, jotta tulevaisuudessa laitetta voitaisiin päivittää, ja näin ollen käyttöä helpottaa vielä entisestään. Olisi ollut kiinnostavaa päästä testaamaan järjestelmää muillakin kuin vain yksillä akuilla. Näin olisi voitu kokeilla laitteen toimintaa laajemmin.

Testien lokitiedostojen käsittely on Excelillä hieman hidasta. Tulevaisuutta ajatellen testausjärjestelmään voisi kehittää esim. jonkun tulosten käsittelyohjelman tai valmiin Excel-taulukon, joka laskisi makrojen avulla akkujen lokitiedoista tarpeelliset tiedot. Joillakin akkuvalmistajilla on olemassa jo joitakin omia monitorointiohjelmia, joten tulostenkäsittelyllekin olisi varmasti mahdollista kehittää oma ohjelmansa.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

PROXION SOLUTIONS LTD. About-us [verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.5.2015] Saatavissa:
<http://www.proxionsolutions.com/about-us/>

PROXION SOLUTIONS BLUES. BluES Brochure [verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.5.2015] Saatavissa:
http://www.proxionsolutions.com/wp-content/uploads/2015/03/Blues_Brochure_v03.pdf

SALMELA, Olavi 2015-03-18. Proxion Solutions Oy. [Palaveri]. Varkaus: Navitas taitotalo

SALMELA, Olavi 2015-04-10. Proxion Solutions Oy. [Palaveri]. Varkaus: Navitas taitotalo

SALMELA, Olavi 2015-05-07. Proxion Solutions Oy. [Palaveri]. Varkaus: Navitas taitotalo

SALMELA, Olavi 2015-05-21. Proxion Solutions Oy. [Palaveri]. Varkaus: Navitas taitotalo

KIVINIEMI, Juha 2015-05-08. Proxion Solutions Oy. [Haastattelu]. Varkaus: Mestarintie, testitilat

AKKUJEN JA AKKUASENNUSTEN TURVALLISUUSVAATIMUKSET 2012. Osa 1: Yleiset vaatimukset.
 SFS-EN 50272-1. Vahvistettu 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

Eltek Flatpack2 48V HE Rectifier Data sheet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa:
www.eltek.com/wip4/download_doc_647.epl?id=7808

SBC6020 Data sheet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa: http://dl.btc.pl/kamami_wa/sbc6020.pdf

Gigavac GX11FA Data sheet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa:
<http://www.electronicsdatasheets.com/download/52f9f69de34e245450a492f7.pdf?format=pdf&part=Gigavac+-+GX11FA>

Gigavac MX11BA Data sheet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa:
<http://www.electronicsdatasheets.com/download/52f9f6a2e34e245450a4950d.pdf?format=pdf&part=Gigavac+->

Weintek MT-6050i Data sheet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa:
<http://www.engineersmarkt.nl/user/205.pdf>

RYHÄNEN, Arto 2015. Akkujen testauspöytäkirja. Varkaus: Proxion Solutions Oy

RYHÄNEN, Arto 2015. Akkujen lokitiedostojen käsittelypöytäkirja. Varkaus: Proxion Solutions Oy

RYHÄNEN, Arto 2015. Oma kuva-arkisto



Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

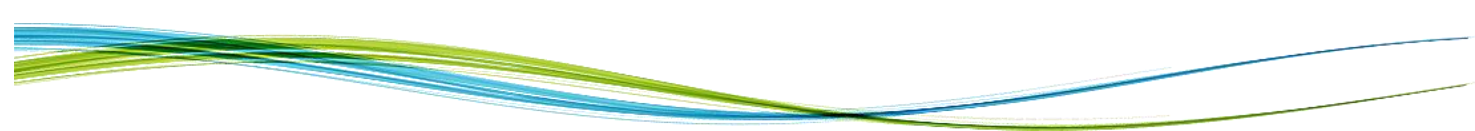
Akkujen testauspöytäkirja

Proxion Solutions Oy

Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

SISÄLLYSLUETTELO

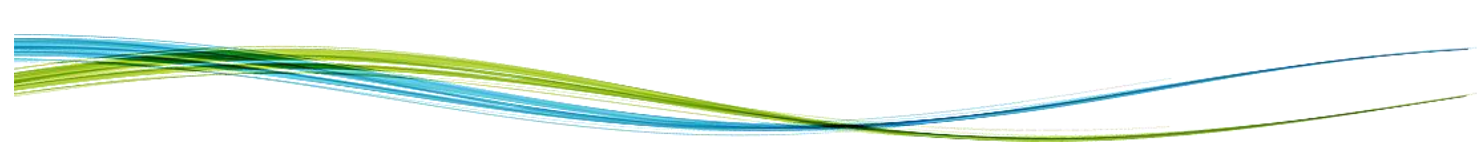
1. JOHDANTO	3
2. TESTIN VALMISTELUT	4
AKUN TIEDOT.....	4
LOKITIEDOSTOJEN TALLENTAMINEN	4
3. LATAUSVAIHE.....	5
4. PURKUVAIHE.....	6



Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

1. Johdanto

Tämän dokumentin avulla uusia akkutyyppejä voi testata ohjeen mukaan. Tämä dokumentti kertoo vaihe-vaiheelta kuinka testin valmistelut tulee tehdä ja kuinka lokitiedostot tallennetaan.



Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

2. Testin valmistelut

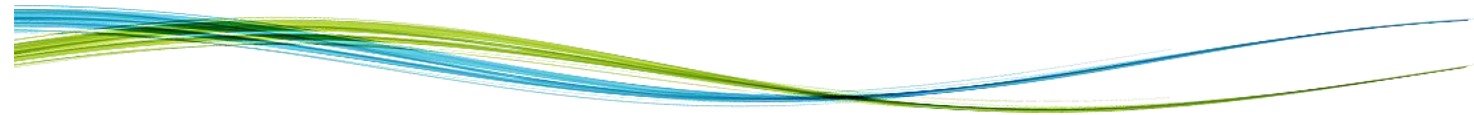
- Vaihda akuille sopiva EMU/BMS testipöydälle
- Kytke välikaapelit EMU-laattorin ja EMU:n välille
- Kytke näyttökaapeli EMU:n X37 liittimeen
- Laita akut testilaitteen alatasolle ja yhdistä akkukaapelit
- Liitä akuston +kaapeli laitteen +baariin ja akun -kaapeli sulakkeelle FA
- Liitä kolmivaihesyöttökaapeli (grid) testilaitteeseen (F1,F2,F3,N,PE)
- Kytke EMU-laattorin ja näytön virtajohdot pistorasiaan
- Käynnistä EMU-laattori ja EMU
- Käännä akkusulake FA ja tasasuuntajien sulake FT asentoon ON

Akun tiedot

Akun tyyppi	
Sarja numero	

Lokitiedostojen tallentaminen

- Kytke USB-RS232 välikaapeli tietokoneen ja EMU:n (RS232BMS) väliin
- Avaa sovellus Tera Term ja siirry kennojännitteet sivulle kirjoittamalla komento pv ja painamalla enter
- Klikkaa yläpalkista valikkoa File ja valitse komento Log..
- Luo tiedostolle sopiva tiedostonimi (esim. 1C_purku_PP.KK.VVVV) jonka jälkeen ohjelma tallentaa lokiin kaikki tapahtumat
- Jokaisesta testin osasta (esim. Lataus1, Lataus2, Purku 1C, Purku C/2...) voidaan tehdä halutessaan eri lokitiedosto
- Anna ohjelmalle komento plog ja paina enter niin ohjelma alkaa kirjoittaa lokitiedostoa
- Tämän jälkeen voit aloittaa järjestelmän testaamisen, jätä Tera Term taustalle kirjoittamaan lokitiedostoa
- Testin tai testin osan päätyttyä avaa Tera Termin Log ikkuna ja paina Close, tiedosto on valmis käytettäväksi esim. Excelissä

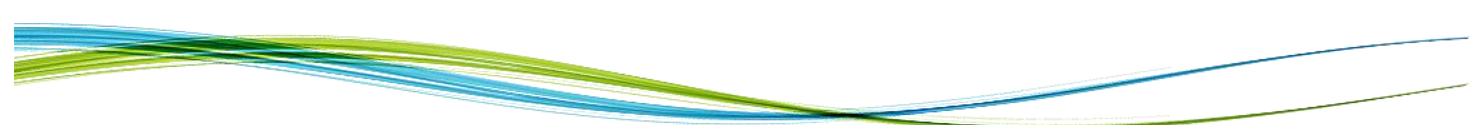


Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

3. Latausvaihe

Lataus kertoja on testien aikana kolme, joten täytä tulokset jokaisen lataus kerran jälkeen numero järjestyksessä.

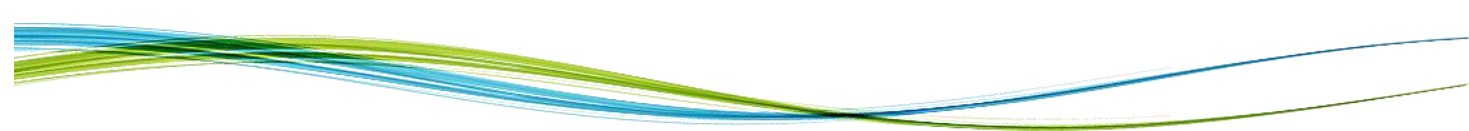
Toimenpide	Tulos 1	Tulos 2	Tulos 3
Käännä kuorman automaatti FR asentoon OFF. Tarkista että grid on päällä. Käännä F1, F2 ja F3 automaattit ON asentoon. Katso että tasasuuntaajat menevät päälle ja alkavat lataamaan akkuja			
Odota kunnes SOC on 100%. Virran pitäisi alkaa laskea. Odota kunnes virta hyppii negatiivisena tai pysyy arvossa 0. Katso että akkujen SOC pysyy 100%. Akut ovat täynnä ja balansoidut			
Havainnot:			



Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

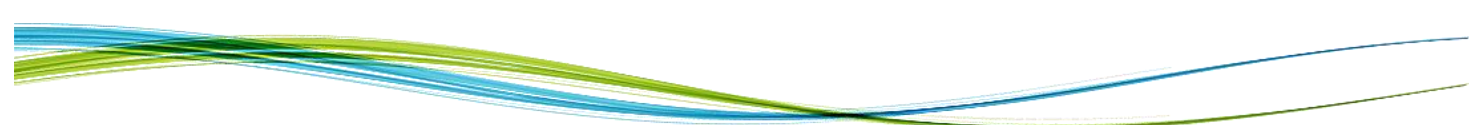
4. Purkuvaihe

Toimenpide	Tulos	Havainnot
Varmista että akut ovat täyteen ladattuja (SOC 100%). Käännä F1, F2, F3 automaattit OFF asentoon. Kytke 1C virran mukainen kuorma ja laita FR automaatti ON asentoon		
Mittaa pihtimittarilla että kuormaan alkaa mennä virtaa. Varmista näytöstä kohdasta Load Current että virran arvo pysyy suunnilleen oikealla alueella. Katso että SOC% alkaa laskea		
Kun akut ovat lähes tyhjät, BMS katkaisee kuormavirran ja kontaktori K5 napsahtaa. Tarkista että kuormaan ei mene enää virtaa. SOC on lähellä 0%		
Käännä FR automaatti OFF asentoon. Tässä vaiheessa voit pysäyttää lokitiedoston tallennuksen jos tahdot luoda joka vaiheesta oman tiedoston. Muista kuitenkin luoda aina uusi tiedosto ennen seuraavaa vaihetta		
Lataa akut ohjeen mukaan (3. Akkujen lataus)		
Varmista että akut ovat täyteen ladattuja (SOC 100%). Käännä F1, F2, F3 automaattit OFF asentoon. Kytke C/2 virran mukainen kuorma ja laita FR automaatti ON asentoon		
Mittaa pihtimittarilla että kuormaan alkaa mennä virtaa. Varmista näytöstä kohdasta Load Current että virran arvo pysyy suunnilleen oikealla alueella. Katso että SOC% alkaa laskea		
Kun akut ovat lähes tyhjät, BMS katkaisee kuormavirran ja kontaktori K5 napsahtaa. Tarkista että kuormaan ei mene enää virtaa. SOC on lähellä 0%		



Author: ARy	Date:DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Battery_Test_Instructions	A

Toimenpide	Tulos	Havainnot
Käännä FR automaatti OFF asentoon. Tässä vaiheessa voit pysäyttää lokitiedoston tallennuksen jos tahdot luoda joka vaiheesta oman tiedoston. Muista kuitenkin luoda aina uusi tiedosto ennen seuraavaa vaihetta		
Lataa akut ohjeen mukaan (3. Akkujen lataus)		
Varmista että akut ovat täyteen ladattuja (SOC 100%). Käännä F1, F2, F3 automaattit OFF asentoon. Kytke C/4 virran mukainen kuorma ja laita FR automaatti ON asentoon		
Mittaa pihtimittarilla että kuormaan alkaa mennä virtaa. Varmista näytöstä kohdasta Load Current että virran arvo pysyy suunnilleen oikealla alueella. Katso että SOC% alkaa laskea		
Kun akut ovat lähes tyhjä, BMS katkaisee kuormavirran ja kontaktori K5 napsahtaa. Tarkista että kuormaan ei mene enää virtaa. SOC on lähellä 0%		
Käännä FR automaatti OFF asentoon. Voit pysäyttää lokitiedostoon tallennuksen		





Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Akkujen lokitiedostojen käsittelypöytäkirja

Proxion Solutions Oy

Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	3
2. LATAUSVAIHE	4
LATAUSAIKA JA KENNOJEN BALANSOINTIIN KÄYTETTY AIKA:	4
LÄMPÖTILAT JA ΔT :	4
KENNOJÄNNITTEET:	6
3. PURKUVAIHE	8
TODELLINEN KAPASITEETTI:	9
SOC % LASKENTA:	9
LÄMPÖTILAT JA ΔT :	10
KENNOJÄNNITTEET:	12
4. HAVAINNOT	15
LATAUSVAIHE:	15
PURKUVAIHE:	15
5. ARVIOINTI	15



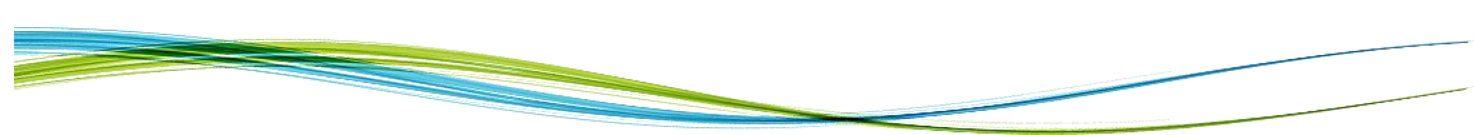
Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

1. Johdanto

Tämän dokumentin avulla akkujen lokitiedostoja voi käsitellä Excelillä ohjeen mukaan. Tämä dokumentti kertoo vaihe-vaiheelta kuinka saadaan selville akuista tarvittavat tiedot niiden sopivuuden selvittämiseksi BluES järjestelmiin.

(Ohje tekstit voi poistaa, kun kyseisen kohdan tiedot on tallennettu tähän dokumenttiin, jotta saadaan asiallisen näköinen pöytäkirja)

Akun tyyppi	esim valmistaja, malli, kapasiteetti
Sarjanumero	esim 5405960943560945
Latausvaiheen tiedot	esim lataus1 25.5.2015.xls
Purkuvaiheen tiedot	esim purku C/4 22.5.2015.xls



Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

2. Latausvaihe

Latausaika ja kennojen balansointiin käytetty aika:

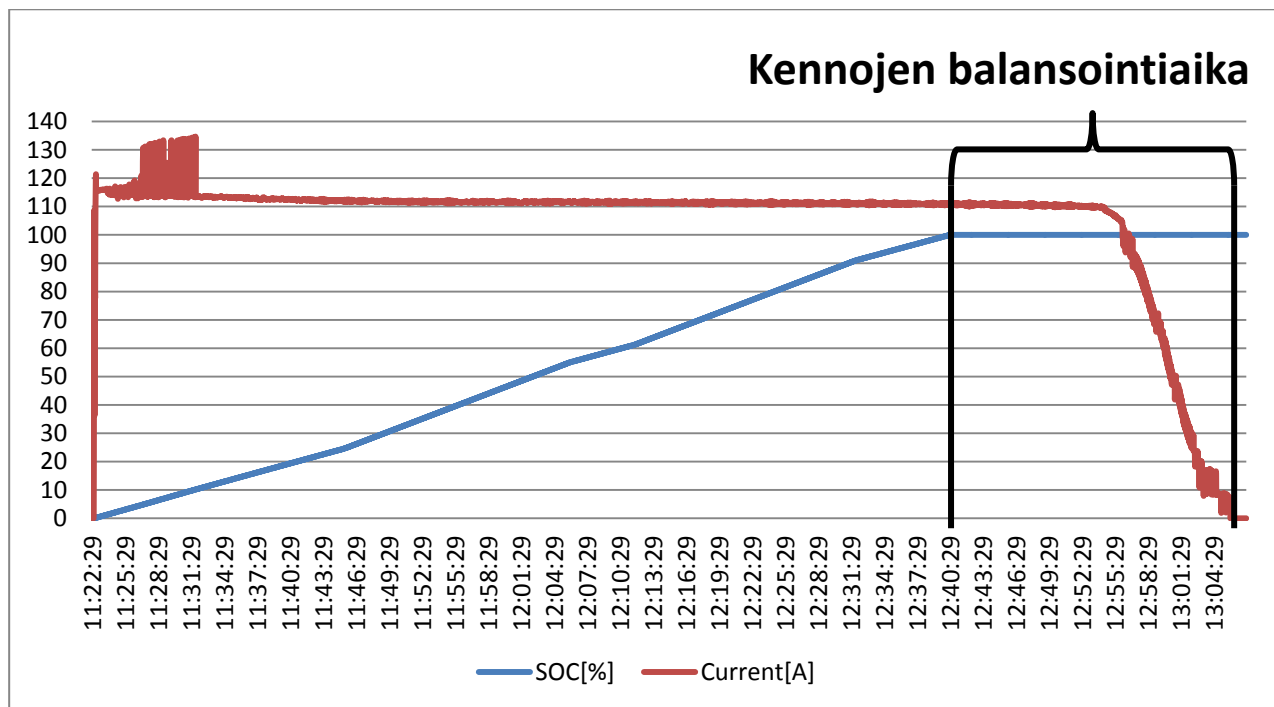
- Tee lisäsarake johon lasket yhteen tyhjään lohkoon latausvirran KESKIARVON sarakkeen Current [A] ensimmäisen ja viimeisen 0 < arvon väliltä
- Laske tyhjään lohkoon lataukseen käytetty aika: Vähennä viimeisestä kellonajasta jolloin akuille on mennyt virtaa (Current [A]) se kellonaika jolloin akuille on alkanut mennä ensimmäisen kerran virtaa
- Laske tyhjään lohkoon kennojen balansointiin käytetty aika: Vähennä viimeisestä kellonajasta jolloin akuille on mennyt virtaa (Current [A]) se kellonaika jolloin SOC [%] on ensimmäisen kerran arvossa 100

Liitä saadut arvot tähän taulukkoon:

Latausvirta	Latausaika	Balansointiaika
105,71A	01:43:22	00:25:29

- Tee kaksiulotteinen viivakaavio johon valitut tiedot sarakkeista virta Current [A], SOC [%] sekä aika Time. Kyseisestä kaaviosta erottaa helpommin milloin balansointi on alkanut ja miten virta käyttäytyy balansoinnin aikana

Liitä kaavio tähän:



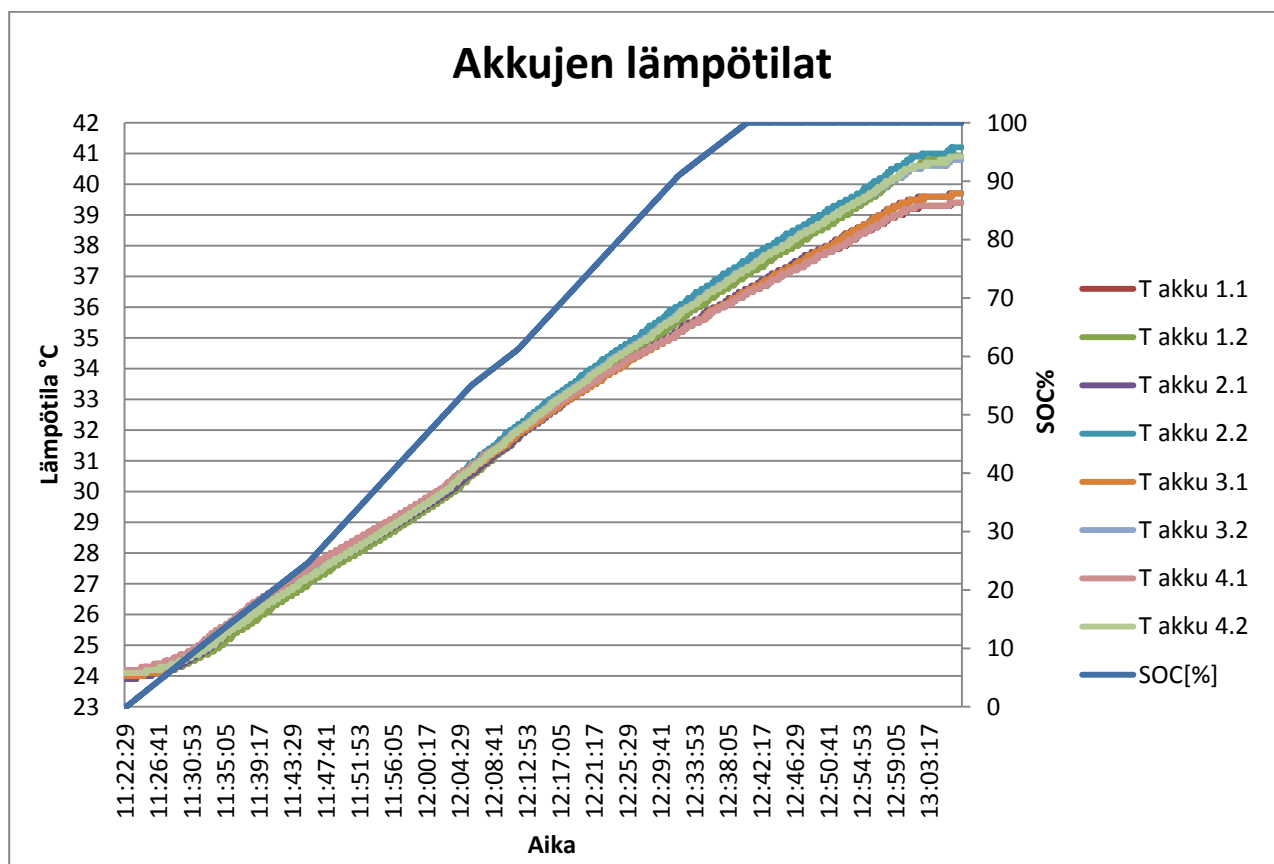
esimerkki balansointi kaavio

Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Lämpötilat ja ΔT :

- Tee jokaiselle lämpötilalle oma lisäsarake jossa jaat arvon lohko kohtaisesti 10:llä. Excel taulukossa T_0_0 on 1 akun 1 mittauspiste, T_0_1 on 1 akun 2 mittauspiste, T_2_1 on 3 akun 2 mittauspiste jne.
- Tee kaaviot lämpötiloista. Valitse tiedot sarakkeista lämpötilat, SOC [%] sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Siirrä SOC [%] sarjan sijoitus 2-akselille tupla klikkaamalla sarjan viivatrendiä ja vaihtamalla sarjan asetuksia, jotta saat muokattua lämpötila akselia suppeammaksi

Liitä akkujen lämpötila kaavio tähän:

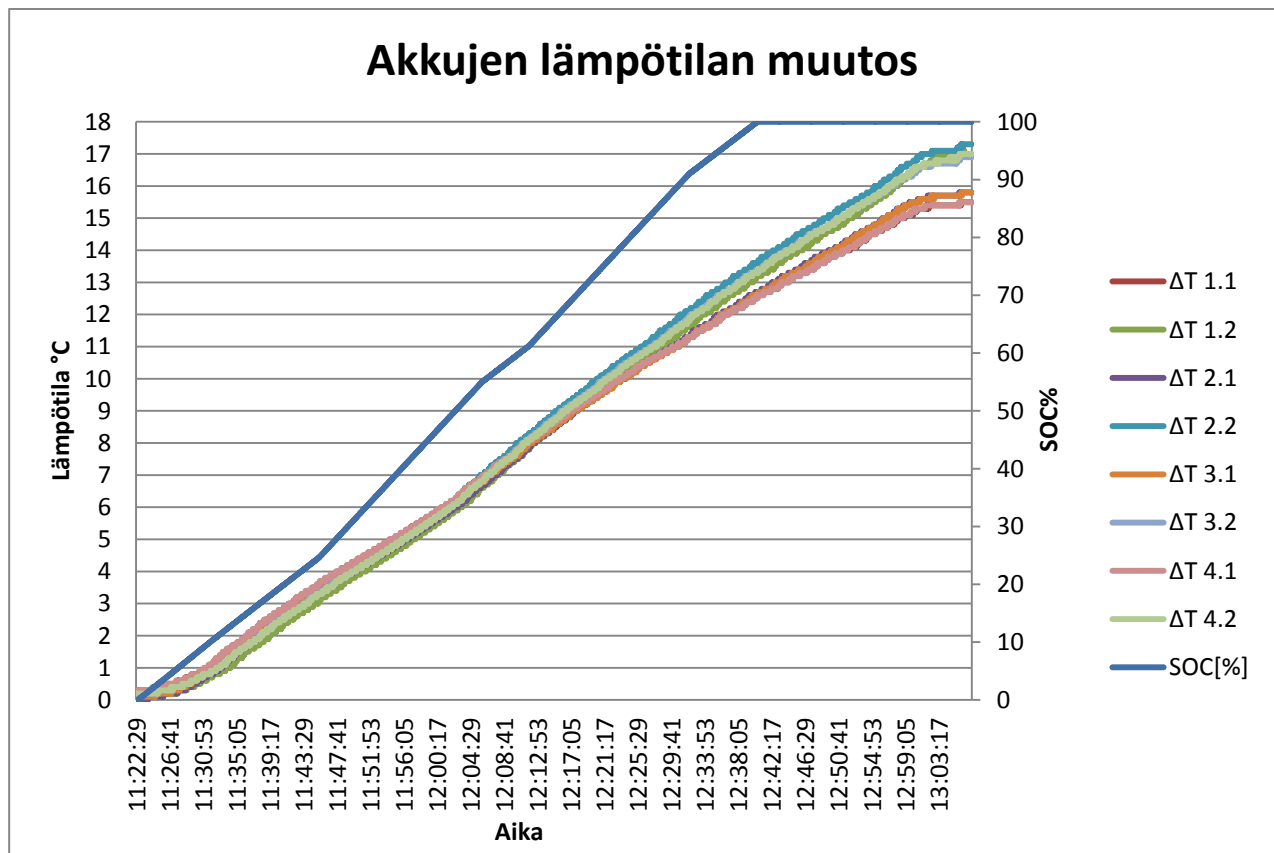


esimerkki lämpötila kaavio

- Tee ΔT :lle omat lisäsarakeet jokaisen lämpötilan viereen, laske lohko kohtaisesti erotus: mitattu lämpötila-ympäristön lämpötila= ΔT
- Tee kaavio ΔT vaihteluista. Valitse tiedot sarakkeista ΔT :t, SOC [%] sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Siirrä SOC [%] sarjan sijoitus 2-akselille tupla klikkaamalla sarjan viivatrendiä ja vaihtamalla sarjan asetuksia, jotta saat muokattua lämpötila akselia suppeammaksi

Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Liitä ΔT kaavio tähän:

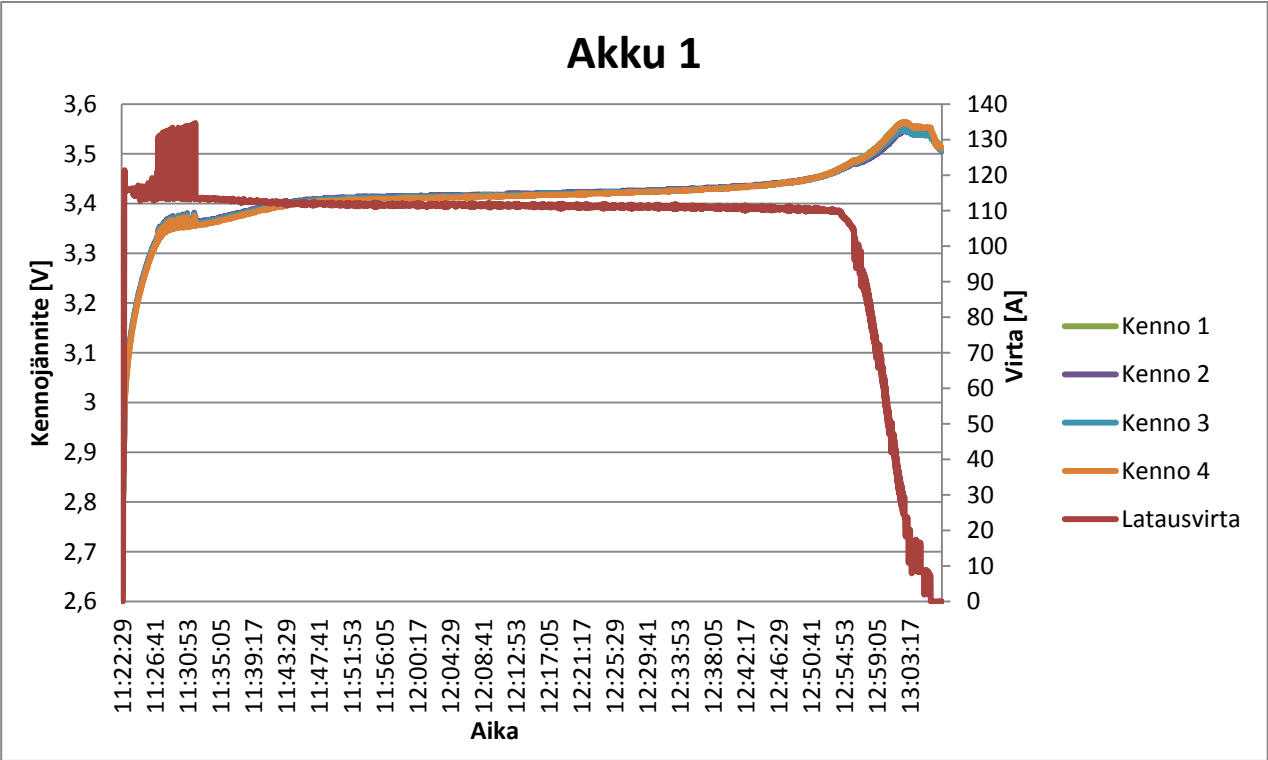


Kennojännitteet:

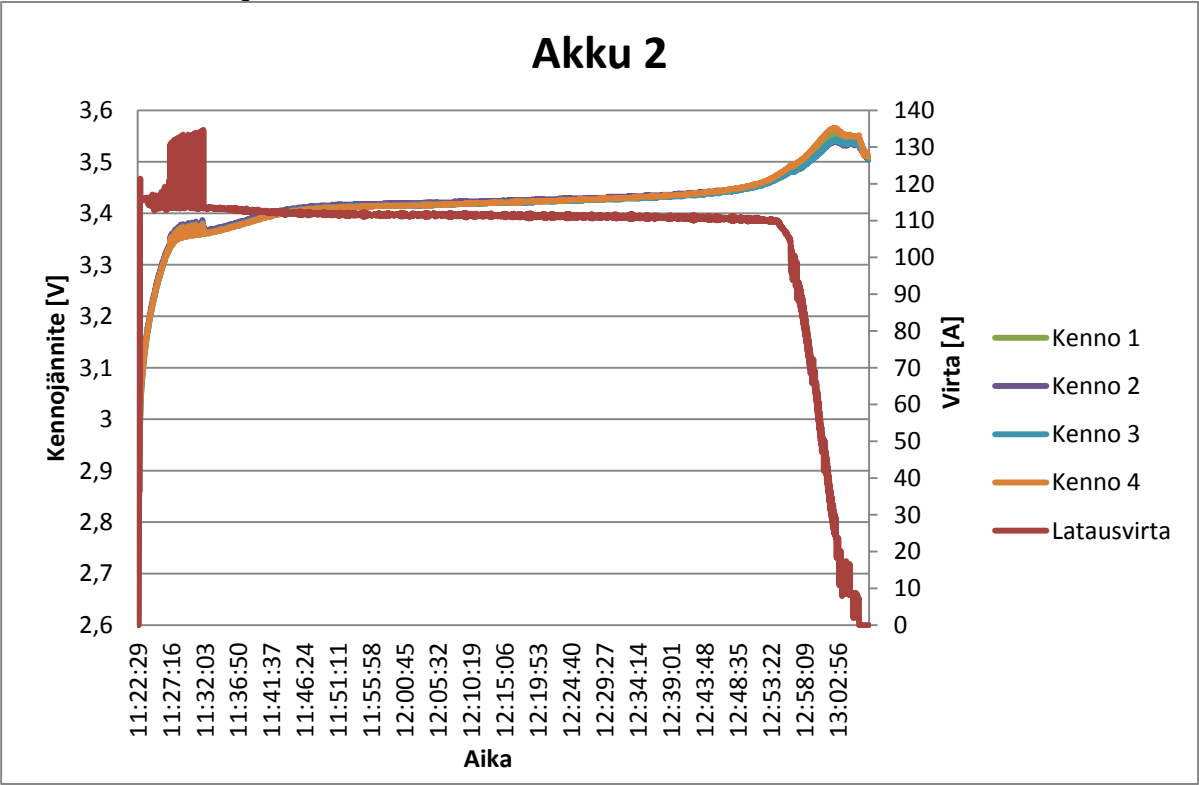
- Tee jokaiselle kennolle oma lisäsarake jossa jaat lohkokohtaisesti jännitteen arvot 1000:lla. Excel taulukossa U_0_0 on 1 akun kenno 1, U_0_1 on 1 akun kenno 2, U_1_3 on 2 akun kenno 4 jne.
- Tee kaaviot jokaisen akun kennojännitteistä erikseen. Valitse tiedot sarakkeista akun kennojännitteet, latausvirta Current [A] sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Siirrä latausvirran sarjan sijoitus 2-akselille tupla klikkaamalla sarjan viivatrendiä ja vaihtamalla sarjan asetuksia, jotta saat muokattua kennojännitteiden akselia suppeammaksi

Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

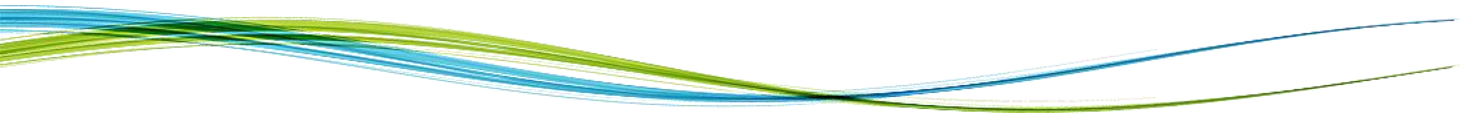
Liitä kennojännite kaaviot tähän:



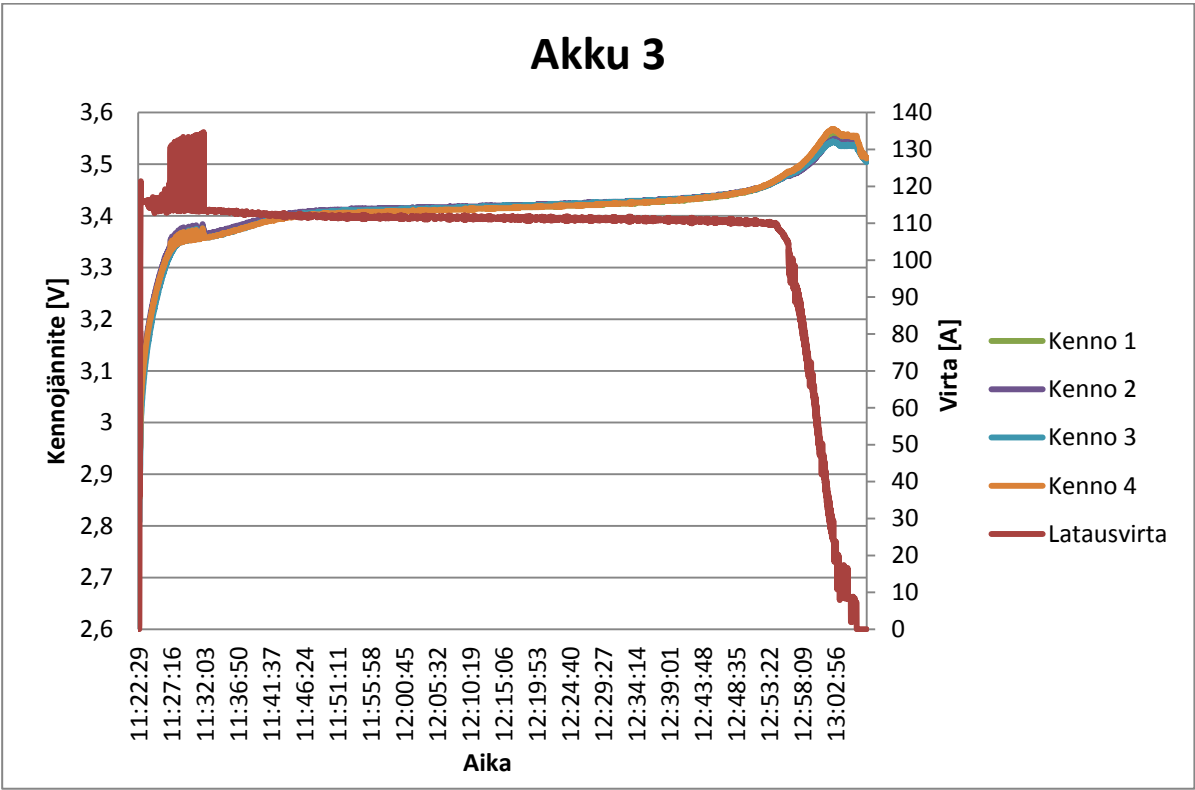
esimerkki kennojännite1



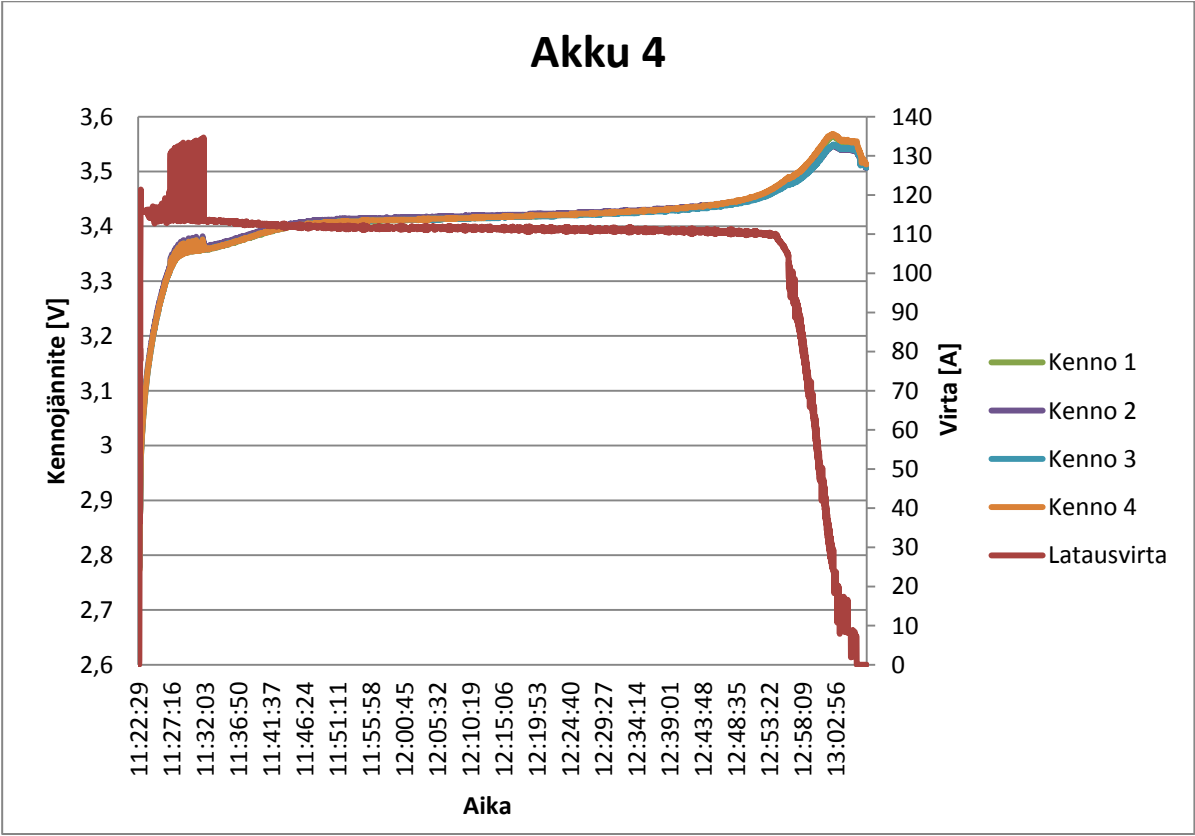
esimerkki kennojännite2



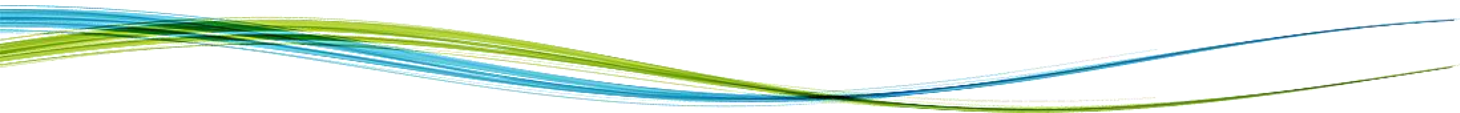
Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A



esimerkki kennojännite3



esimerkki kennojännite 4



Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

3. Purkuvaihe

Todellinen kapasiteetti:

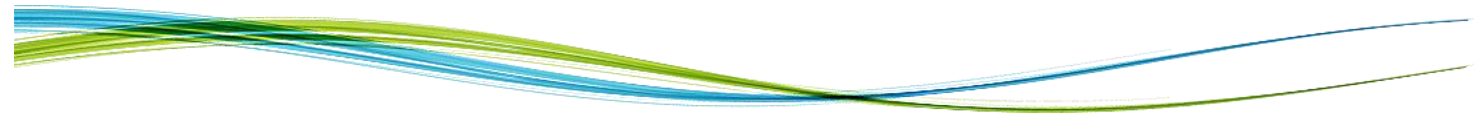
- Tee lisäsarake johon liität virran (Current [A]) arvon positiivisenä (itseisarvo), jolloin saat kuormavirran arvon
- Tee lisäsarake jossa jaat äskeiset virran arvot lohko kohtaisesti 3600:lla jolloin saat akulta otetun Ah määrän per sekunti
- Summaa tyhjään lohkoon kaikki saadut arvot yhteen jolloin saat todellisen kapasiteetin
- Jaa lasketun todellisen kapasiteetin arvo tyhjään lohkoon valmistajan ilmoittamalla kapasiteetti arvolla jolloin saat todellisen kapasiteetin heiton prosentteissa

Liitä saadut arvot tähän taulukkoon:

Luvattu Ah	Laskettu Ah	%
180	178,86	99,37

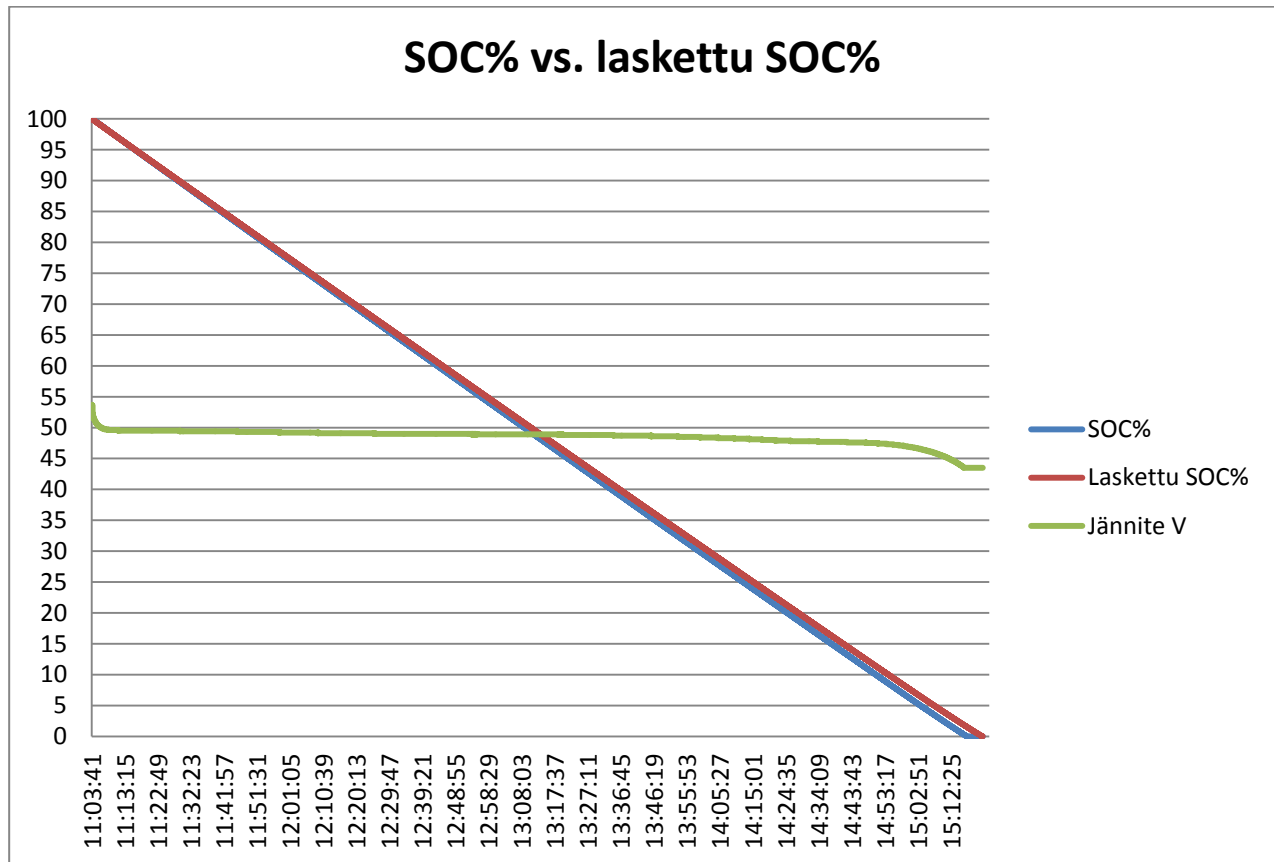
SOC % laskenta:

- Tee lisäsarake jossa lasket lohko kohtaisesti:
sekuntikohtainen kapasiteetti - Ah per sekunti.
Ensimmäisessä lohkoissa kapasiteetin laskenta aloitetaan lasketusta todellisesta kapasiteetti arvosta. Seuraaviin lohkoihin sekuntikohtainen kapasiteetti otetaan ylemmästä aiemmin lasketusta kapasiteetistä
- Tee lisäsarake jossa suoritetaan SOC% laskenta. Jaa lohko kohtaisesti sekuntikohtainen kapasiteetti lasketulla todellisella kapasiteetillä ja kerro se 100, jolloin saat sekuntikohtaisesti SOC% arvon
- Tee kaksiulotteinen viivakaavio johon valitset tiedot sarakkeista SOC%, laskettu SOC%, jännite EV/Pf_U[V] sekä aika Time
- Muotoile pysty akselia suppeammaksi jotta lasketun ja mitatun SOC%:in erotus näkyy paremmin



Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Liitä SOC% kaavio tähän:



SOC esimerkki

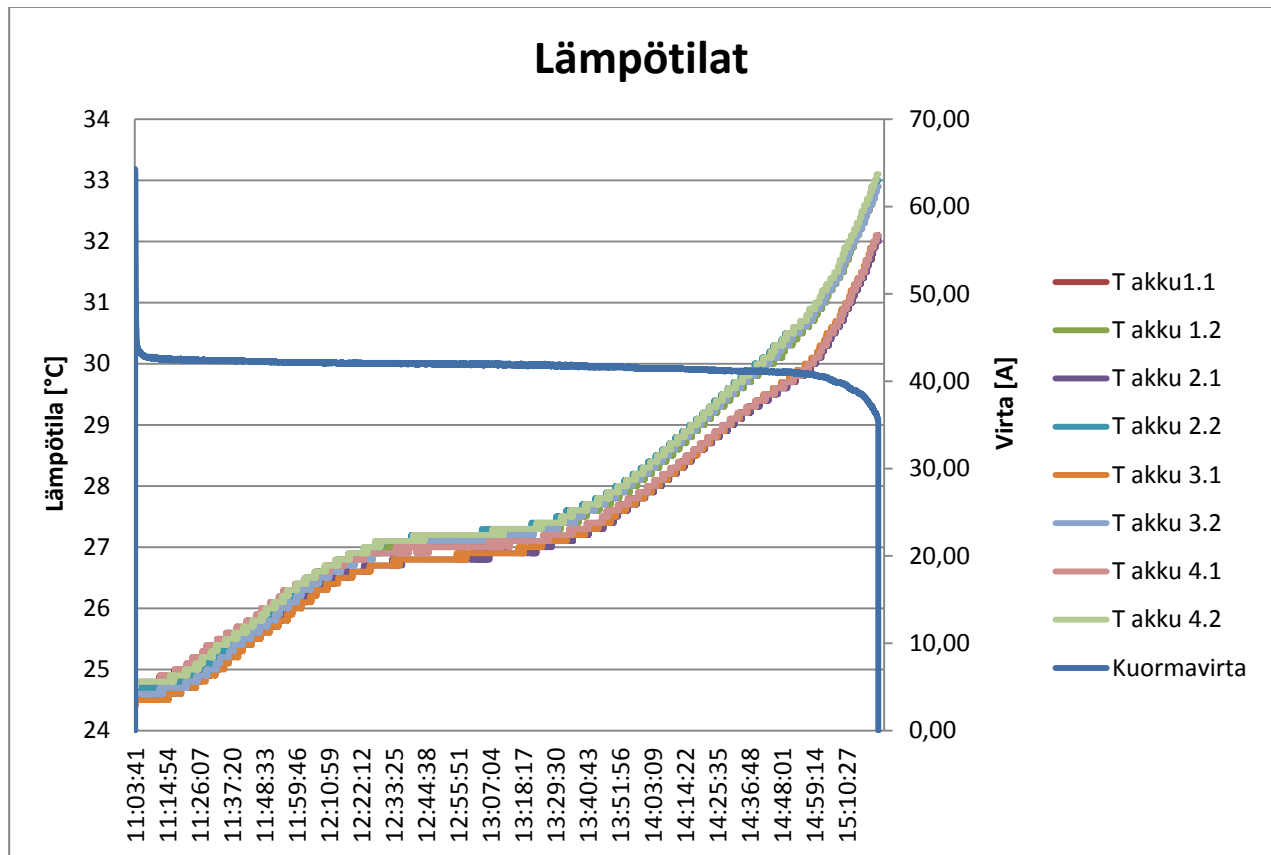
Lämpötilat ja ΔT :

- Tee jokaiselle lämpötilalle oma lisäsarake jossa jaat arvon lohko kohtaisesti 10:llä. Excel taulukossa T_0_0 on 1 akun 1 mittauspiste, T_0_1 on 1 akun 2 mittauspiste, T_2_1 on 3 akun 2 mittauspiste jne.
- Tee kaaviot lämpötiloista. Valitse tiedot sarakkeista lämpötilat, kuormavirta sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Siirrä kuormavirran sarjan sijoitus 2-akselille tupla klikkaamalla sarjan viivatrendiä ja vaihtamalla sarjan asetuksia, jotta saat muokattua lämpötila akselia suppeammaksi



Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Liitä lämpötilojen kaavio tähän:

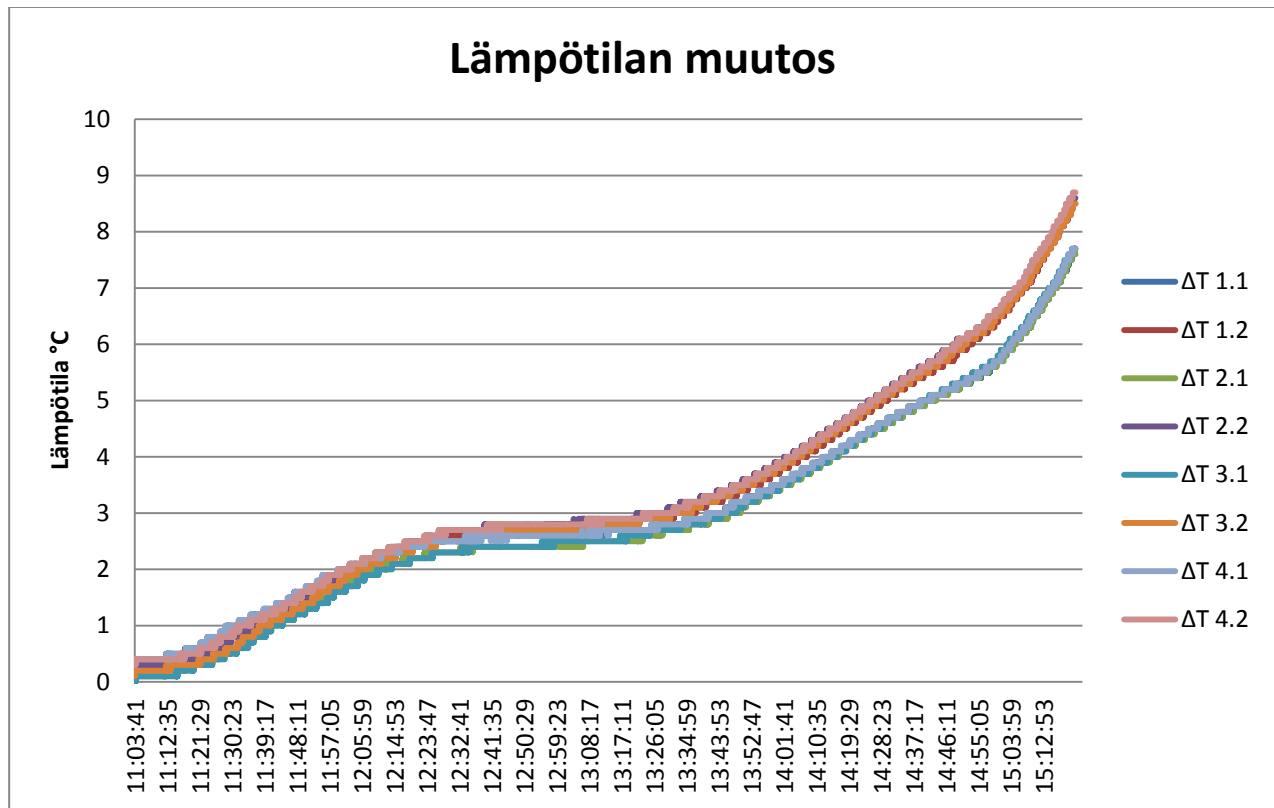


Lämpötilat esimerkki

- Tee ΔT :lle omat lisäsarakeet jokaisen lämpötilan viereen, laske lohko kohtaisesti erotus: mitattu lämpötila – ympäristön lämpötila = ΔT
- Tee kaavio ΔT vaihteluista. Valitse tiedot sarakkeista ΔT :t sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Muotoile lämpötila akselia suppeammaksi jotta muutokset erottuvat helpommin

Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

Liitä ΔT kaavio tähän:



esimerkki lämpötilan muutos

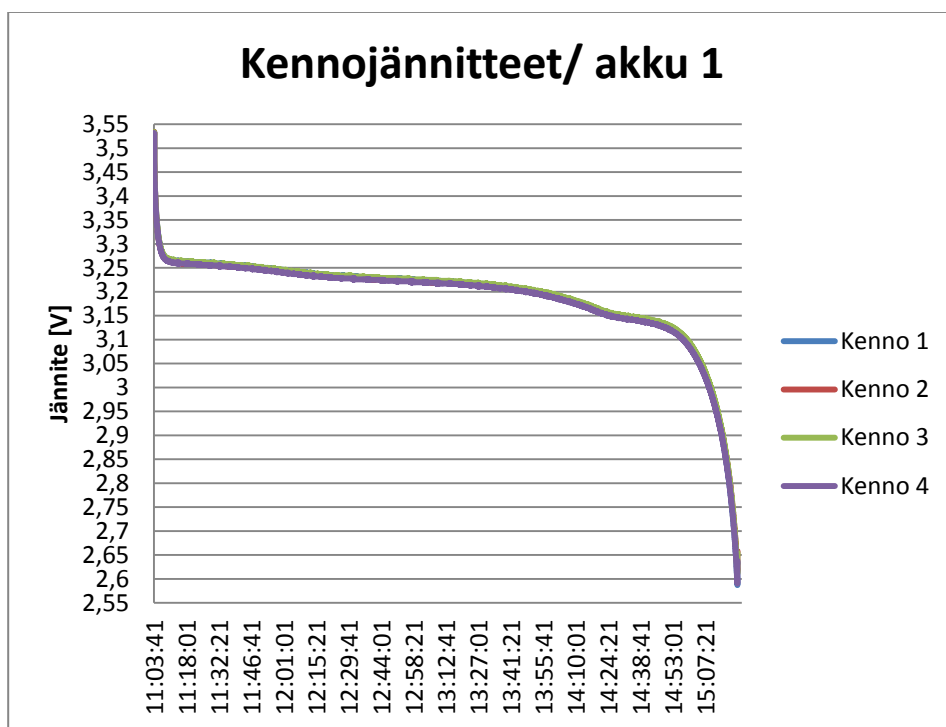
Kennojännitteet:

- Tee jokaiselle kennolle oma lisäsarake jossa jaat lohkokohtaisesti jännitteen arvot 1000:lla. Taulukossa esim. U_0_0 on 1 akun kenno 1, U_0_1 on 1 akun kenno 2, U_1_3 on 2 akun kenno 4 jne.
- Tee kaaviot jokaisen akun kennojännitteistä erikseen. Valitse tiedot sarakkeista akun kennojännitteet sekä aika Time ja muodosta kaksiulotteinen viivakaavio
- Muotoile jännite akselia suppeammaksi jotta näet arvojen muutokset paremmin

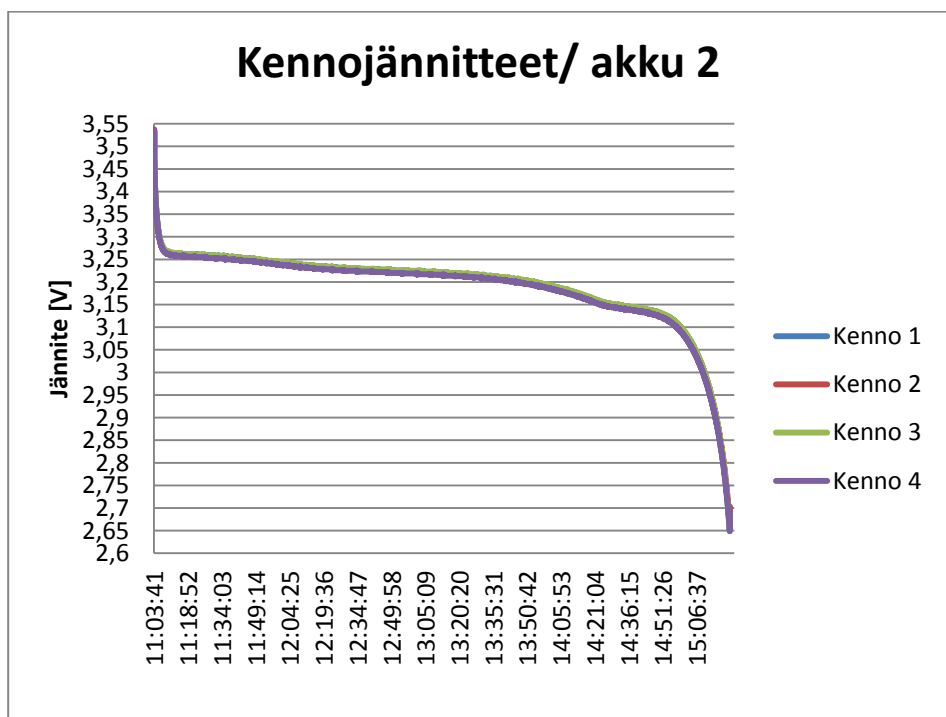


Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

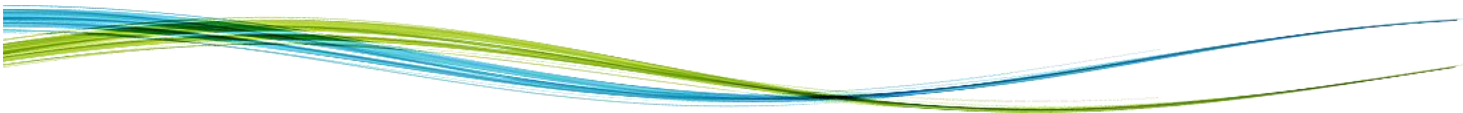
Liitä kennojännitte kaaviot tähän:



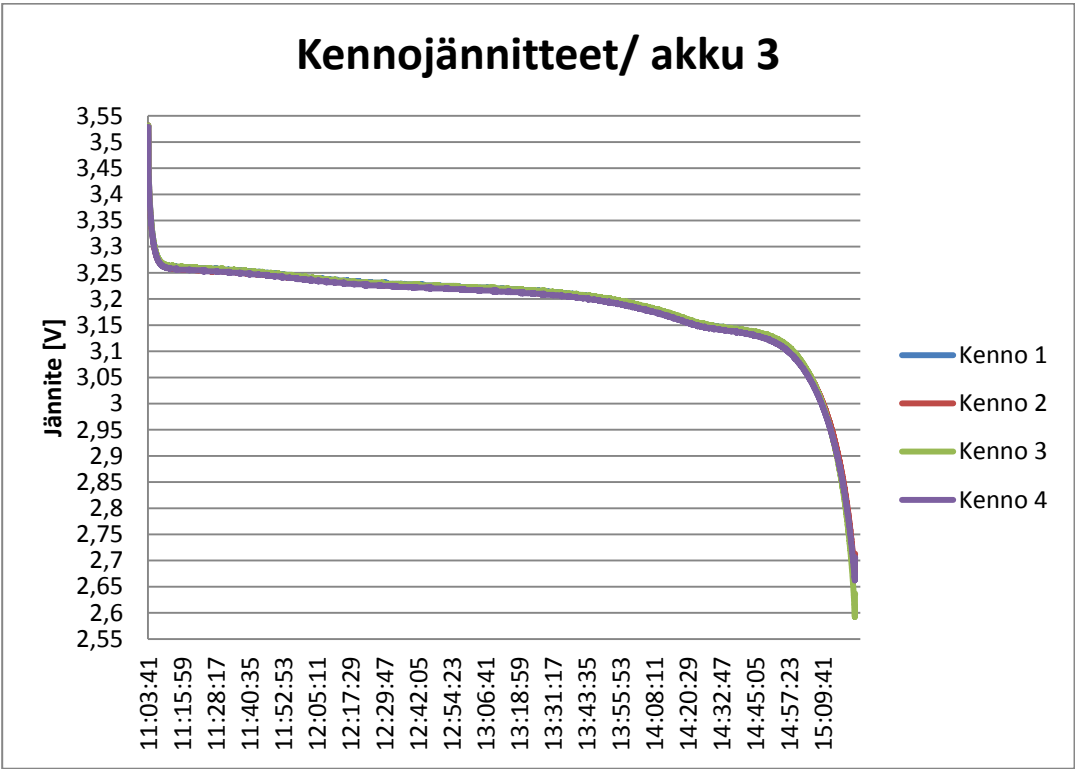
esimerkki akku1



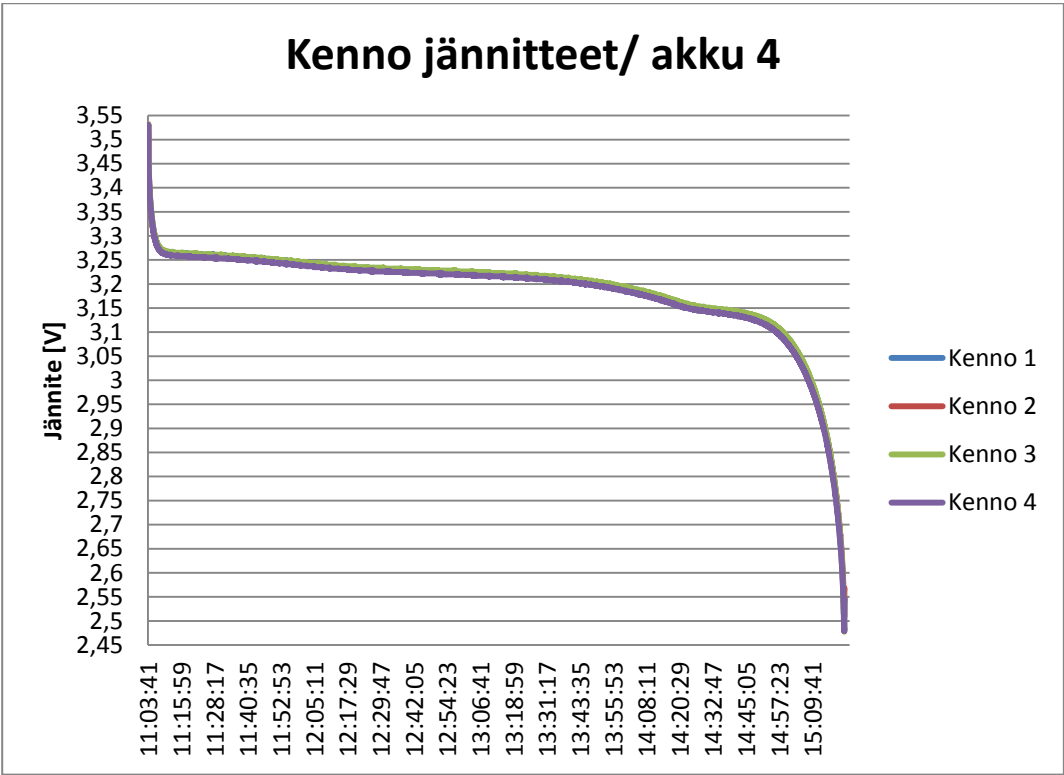
esimerkki akku2



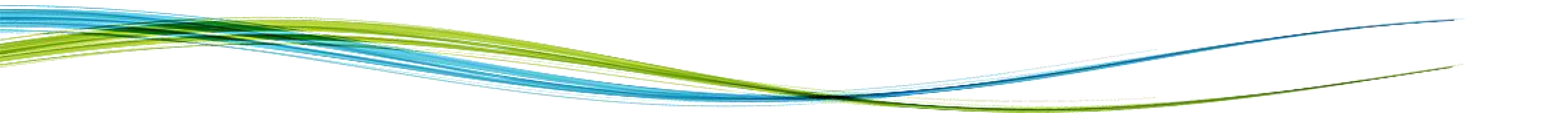
Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A



esimerkki akku3



esimerkki akku4



Author: ARy	Date: DD.MM.YYYY	Code:	Revision:
Accepted by: LTo	Checked by: OSa	File: Log_File_Treatment	A

4. Havainnot

Kirjaa tähän ylös havainnot ja erikoiset käyttäytymiset testin aikana. Voit liittää tähän kohtaan myös akun datalehden.

Latausvaihe:

esim. lataus vaiheessa lämpötilat nousivat hieman enemmän kuin purkuvaiheessa, akut latautuivat nopeasti ja balansointi aika oli sopivan lyhyt. Kennot latautuivat tasaisesti..

Purkuvaihe:

esim. akku ei lämmennyt liikaa, kennot käyttäytyivät tasaisesti ja kapasiteetti oli hyvä..

5. Arviointi

Kirjoita tähän lyhyt muotoinen arvio akusta

esim. Akku sopii hyvin BluES järjestelmiin. Kapasiteetti ei heitä paljoa luvatusa, kennot käyttäytyvät tasaisesti ja akku ei lämpene liikaa

